

Ministère de l'Agriculture

Institut d'Economie Rurale

Direction Scientifique

République du Mali
Un Peuple – Un But – Une Foi

Programme Coton

COT6 Mise au point de paquets technologiques de gestion de la fertilité des sols sous systèmes de culture à base de cotonnier

COT 6-3 Amélioration de la productivité des exploitations agricoles – Semis-Direct sur Couvertures Végétales



IER PROGRAMME COTON

F.SISSOKO / P.AUTFRAY

PROJET PASE SCV

RAPPORT D'ACTIVITES 2005



Avec la participation de :

B.Traoré, Agronome IER

B.Rapidel, Agronome CIRAD

E.H.Kassambara, Ingénieur IPR

A.Traoré, Ingénieur IPR

I. Coulibaly Technicien

B. Sanogo Technicien

Sikasso, le 3/3/06

SOMMAIRE

1. PRESENTATION	7
1.1. Introduction	7
1.2. Partenaires du projet	9
1.3. Démarche globale	9
1.4. Contexte actuel.....	10
1.5. Localisation des sites expérimentaux et pluviométrie 2005	11
2. ENQUETES : CARACTERISATION DES EXPLOITATIONS ET PRATIQUES EN RELATION AVEC LES SCV (PROTOCOLE N°11)	14
2.1. Introduction	14
2.2. Résultats	15
2.2.1. Différenciations des zones par les exploitations.....	15
2.2.2. Typologie des exploitations	16
2.2.3. Utilisation de la fumure organique	17
2.2.4. Précédent à la culture du coton et gestion des résidus de récolte	18
2.2.5. Modes de gestion du sol.....	20
2.2.6. Gestion des adventices	21
2.2.7. Utilisation de la fumure minérale	23
2.2.8. Pâturage sur les parcelles	23
2.2.9. Aménagements de lutte contre l'érosion	24
2.3. Discussion	24
2.4. Perspectives	25
3. EXPERIMENTATION SCV EN MILIEU PAYSAN (PROTOCOLE N°10)	26
3.1. Introduction	26
3.2. Choix des traitements : la participation des agriculteurs ; les apports de la recherche	27
3.3. Résultats	30
3.3.1. Rendements avec coton	30
3.3.2. Rendements avec céréales	31
3.3.3. Biomasse produite par les cultures hors récolte	32
3.3.4. Temps de travaux sur coton et céréales.....	32
3.3.5. Bilans économiques sur coton et céréales	33
3.3.6. Composantes de rendement sur coton et céréales	43
3.4. Discussion	45
3.5. Perspectives	46

4. EXPERIMENTATION SUR LES SYSTEMES DE CULTURE EN SEMIS-DIRECTS SUR COUVERTURE VEGETALE EN STATION (PROTOCOLES 6, 7, 8 ET 9).....	47
4.1. Introduction	47
4.2. Les systèmes testés sur les rotations coton / sorgho et coton / maïs	48
4.3. Résultats sur le coton dans la rotation coton / sorgho	51
4.3.1. Calendrier cultural sur coton.....	51
4.3.2. Evolution humidité du sol sur coton.	52
4.3.3. Mesures de levée sur coton.....	59
4.3.4. Effet sur la croissance des cotonniers.	60
4.3.5. Effet sur les densités et les rendements à la récolte.	62
4.3.6. Discussion.	63
4.4. Résultats sur le sorgho dans la rotation coton / sorgho.....	64
4.4.1. Calendrier cultural.....	64
4.4.2. Effet sur le système racinaire.	65
4.4.3. Effet sur la biomasse produite.	65
4.4.4. Effet sur le rendement.	66
4.4.5. Discussion	67
4.5. Résultats sur le coton dans la rotation coton / maïs.	68
4.5.1. Calendrier cultural.....	68
4.5.2. Effet sur le nombre de poquets levés	69
4.5.3. Effet sur le rendement.	69
4.6. Résultats sur le maïs dans la rotation coton / maïs.....	70
4.6.1. Effet sur la densité.	70
4.6.2. Effet sur la verse.....	70
4.6.3. Effet sur le rendement.	71
4.7. Discussion	71
5. ESSAIS CULTURES ASSOCIEES (PROTOCOLE N°4)	72
5.1. Introduction	72
5.2. Résultats	73
5.3. Discussion	75
5.4. Perspectives	76
6. COLLECTIONS / MULTIPLICATIONS PLANTES DE COUVERTURE (PROTOCOLES N° 1 ET 2).....	77
6.1. Introduction	77
6.2. Résultats	77
6.3. Perspectives	77
7. PAILLAGE / DATES DE SEMIS (PROTOCOLE N°5).....	79

7.1. Introduction	79
7.2. Résultats	79
7.3. Discussion	80
7.4. Perspectives	80
8. TESTS SEMOIRS (PROTOCOLE N°3)	81
8.1. Introduction	81
8.2. Résultats	81
8.2.1. Les semoirs testés	81
8.2.2. Cultures et semences testées	82
8.2.3. Le semoir-épandeur attelé Fitarelli (Brésil)	82
8.2.4. La canne planteuse/épandeur Fitarelli (Brésil)	84
8.2.5. La roue semeuse Von Arragon (Brésil)	85
8.3. Discussion	85
8.4. Perspectives	86
9. CONCLUSION GENERALE	87
9.1. Synthèse des résultats expérimentaux	87
9.2. Synthèse des enquêtes, visites, débats et éléments de réflexion	88
10. AUTRES ACTIVITES	92
10.1. Visites débats avec des agriculteurs	92
10.2. Communications internes et externes	93
11. BIBLIOGRAPHIE	94
12. ANNEXES	97
12.1. Pluviométrie	97
12.2. Les agriculteurs collaborateurs : caractérisation	99
12.3. Contrat type IER / agriculteur	100
12.4. Liste des intrants et coût	101
13. PHOTOGRAPHIES	
13.1 Gestion des résidus par les agriculteurs	
13.2 Modes de gestion du sol et des cultures par les agriculteurs	
13.3 Les SCV : premiers résultats	
13.4 Semoirs de semis-direct	

LISTE TABLEAUX

Tableau 1. Bilan des relevés pluviométriques 2005 sur les différents sites ; pluviomètres IER ou gérés par les agriculteurs-collaborateurs du Projet SCV.	12
Tableau 2. Expérimentations et numéros de protocole du Projet PASE SCV en 2005.	13
Tableau 3. Caractéristiques moyennes des exploitations enquêtées par zone (ou Unités de Production (UP)).	15
Tableau 4. Typologie des exploitations agricoles (UP) de la CMDT.	16
Tableau 5. Nombre d'agriculteurs collaborateurs du Projet SCV.	17
Tableau 6. Modalités d'utilisation de la fumure organique selon les différents sites sur des parcelles ayant reçu au moins une fois du coton les 3 dernières années ; 280 parcelles au total sur déclaration des agriculteurs.	17
Tableau 7. Gestion des résidus de récolte à Fama (56 parcelles).	19
Tableau 8. Gestion des résidus de récolte à Dafara (104 parcelles).	19
Tableau 9. Gestion des résidus de récolte à Nankorola/Dentiola (118 parcelles).	19
Tableau 10. Travail du sol avant semis à Fama (59 parcelles).	20
Tableau 11. Travail du sol avant semis à Dafara (104 parcelles).	20
Tableau 12. Travail du sol avant semis à Nankorola/Dentiola (118 parcelles).	20
Tableau 13. Les principales adventices déclarées nuisibles par les agriculteurs ; S = région de Sikasso (Fama) ; O = région d'Ouélessébougou (Dafara) ; K = région de Koutiala (Nankorola-Dentiola).	22
Tableau 14. Utilisation de la fumure minérale par site et pour les principales cultures.	23
Tableau 15. Modalités du pâturage libre des parcelles par site.	23
Tableau 16. Modalités d'aménagements anti-érosifs déclarés.	24
Tableau 17. Principes généraux des facteurs de différenciation entre	27
Tableau 18. Les itinéraires techniques comparés sur coton en 2005.	28
Tableau 19. Les itinéraires techniques comparés sur céréales en 2005.	29
Tableau 20. Synthèse des rendements obtenus en coton (variété Stam 59A) en expérimentation SCV ; 2 répétitions par traitement ; parcelle élémentaire de 580 à 840 m ²	35
Tableau 21. Synthèse des rendements obtenus en céréales en expérimentation SCV ; 2 répétitions par traitement ; parcelle élémentaire de 580 à 840 m ²	36
Tableau 22. Evaluation de la production de biomasse non exportées (hors adventices) en expérimentation SCV ; 2 répétitions par traitement ; parcelle élémentaire de 580 à 840 m ²	37
Tableau 23. Temps de travaux sur coton en jours/ha (1 journée de travail = 6 heures)	38
Tableau 24. Temps de travaux sur céréales en jours /ha (1 journée de travail = 6 heures).	39
Tableau 25. Bilans économiques sur les parcelles d'expérimentation SCV ;	40
Tableau 26. Les niveaux de fumure appliqués sur coton à Farako et Finkolo en 2005.	48
Tableau 27. Analyse de fumier et quantité d'éléments apportés ; Farako et Finkolo 2005 ; sur 2 échantillons.	48
Tableau 28. Les différents modes de gestion des sols testés sur coton à Farako et Finkolo en 2005.	48
Tableau 29. Les itinéraires techniques appliqués à Finkolo et Farako	49
Tableau 30. Les itinéraires techniques pratiqués sur sorgho à Finkolo en 2005.	50
Tableau 31. Les itinéraires techniques pratiqués sur maïs à Farako en 2005.	50
Tableau 32. Calendrier cultural des opérations effectuées	51
Tableau 33. Description morphopédologique d'une fosse ouverte à Finkolo.	52
Tableau 34. Description de l'état de surface des parcelles à Finkolo.	52
Tableau 35. Mesures d'humidité volumétrique du sol estimée par TDR (Time Domain Reflectometry) effectuées par traitement.	53
Tableau 36. Croissance du cotonnier à différentes dates du cycle de végétatif à Finkolo.	60
Tableau 37. Augmentation du nombre de nœud au cours du cycle végétatif à Finkolo.	60

Tableau 38. Longueur des 4 derniers nœuds au cours du cycle végétatif à Finkolo.	61
Tableau 39. Pourcentage de branche fructifère supérieur à 15 à Finkolo.	61
Tableau 40. Calendrier cultural des opérations effectuées sur le sorgho à Finkolo.	64
Tableau 41. Production de biomasse du sorgho plus la production.	66
Tableau 42. Calendrier cultural des opérations effectuées à Farako.	68
Tableau 43. Comptage du nombre de poquets levés en fonction des modes.	69
Tableau 44. Densité de peuplement des parcelles de maïs en fonction.	70
Tableau 45. Traitements testés avec la culture de maïs.	73
Tableau 46. Traitements testés avec la culture de sorgho.	73
Tableau 47. Traitements comparés avec la culture de coton.	73
Tableau 48. Synthèse des expérimentations exploratoires sur cultures associées.	74
Tableau 49. Espèces et variétés testées en collection et sélection participative à Farako. ...	78
Tableau 50. Les semoirs de semis-direct testés à Farako.	81
Tableau 51. Caractérisation des semences utilisées.	82
Tableau 52. Etalonnage du semoir-épandeur attelé Fitarelli pour les semences de coton délimité (1 répétition par réglage ; pour un écartement entre lignes de semis de 0.8 m). 82	
Tableau 53. Etalonnage du semoir-épandeur attelé Fitarelli pour les semences de maïs (1 répétition par réglage ; pour un écartement entre lignes de semis de 0.8 m).	82
Tableau 54. Etalonnage du semoir-épandeur attelé Fitarelli pour les semences de sorgho (1 répétition par réglage ; pour un écartement entre lignes de semis de 0.8 m).	83
Tableau 55. Etalonnage du semoir-épandeur attelé Fitarelli pour les semences de mil (1 répétition par réglage ; pour un écartement entre lignes de semis de 0.8 m).	83
Tableau 56. Etalonnage du semoir-épandeur attelé Fitarelli pour l'engrais complexe (3 répétitions par type de réglage ; pour un écartement entre lignes de semis de 0.8 m). . 84	
Tableau 57. Etalonnage de la canne planteuse/épandeur Fitarelli (1 répétition par type de réglage) ; pour un écartement intra-poquets de 30 cm pour le coton et 50 cm pour les céréales avec un écartement entre lignes de semis de 80 cm.	84
Tableau 58. Etalonnage de la canne planteuse/épandeur Fitarelli pour l'engrais complexe (1 répétition par type de réglage) ; écartement intra-poquets de 30 cm pour le coton et 50 cm pour les céréales avec un écartement entre lignes de semis de 80 cm.	85
Tableau 59. Etalonnage de la roue semeuse (1 répétition par type de réglage) ; écartement entre lignes de semis de 80 cm.	85
Tableau 60. Atouts et contraintes aux SCV au Mali en zone cotonnière.	88
Tableau 61. Evolution du taux en matières organiques du sol de 1970 à 1980 dans une rotation coton-sorgho-arachide à N'Tarla (d'après Kanté, 2001) ; sur 0 à 40 cm.	89
Tableau 62. Quels types de SCV à court terme pour la zone cotonnière du sud-Mali ? 90	
Tableau 63. Les différents scénarios testés par le Projet SCV.	90
Tableau 64. Les principales questions posées par la création de SCV.	91
Tableau 65. Résumé des principales visites et débats.	92
Tableau 66. Communications faites par le Projet SCV en 2005.	93

LISTE FIGURES

Figure 1. Schéma représentant la démarche du Projet SCV.	10
Figure 2. Evolution de la zone cotonnière : (a) superficie et production globale en coton ; (b) évolution des rendements des principales cultures ; (d'après Djouara et al., 2005).	10
Figure 3. Evolution pluviométrique ces 50 dernières années à la station agronomique de N' Tarla (zone de Koutiala à 800 mm de pluviométrie moyenne).	11
Figure 4. Emplacements des sites expérimentaux du Projet SCV en 2005 ; les isohyètes du sud Mali des 30 dernières années ; 1. IER Finkolo ; 2. IER Farako ; 3. Village de Fama ; 4 Village de Dafara ; 5 et 6 Villages de Nankorola-Dentiola ; 7 IER N'Tarla.	11
Figure 5. Place des principales cultures dans l'assolement en 2005 par zone à partir des caractéristiques moyennes des exploitations enquêtées.	15
Figure 6. Changement des spéculations de 2004 à 2005.	16

Figure 7. Précédent au coton sur les différents sites.	18
Figure 8. Mode de gestion des adventices selon le type de culture.....	21
Figure 9. Schéma du dispositif en milieu réel contrôlé en 2005.	26
Figure 10. Temps de travaux sur coton au sarclage manuel	41
Figure 11. Temps de travaux sur céréales au sarclage manuel Temps de travaux sur céréales hors récolte (en jours / ha ; 1 journée = 6 heures) en expérimentation SCV ; 2 répétitions par traitement ; parcelle élémentaire de 580 à 840 m ²	41
Figure 12. Marge nette (vente-intrants) sur coton (160 FCFA / kg coton graine) en expérimentation SCV ; 2 répétitions par traitement ; parcelle élémentaire de 580 à 840 m ²	42
Figure 13. Marge nette (vente-intrants) sur céréales (75 FCFA / kg maïs ; 85 FCFA / kg sorgho ; 95 FCFA / kg mil) en expérimentation SCV ; 2 répétitions par traitement ; parcelle élémentaire de 580 à 840 m ²	42
Figure 14. Effet de la densité à la récolte sur le rendement en coton graines sur les différentes parcelles expérimentales (tous traitements confondus ; mesures faites les 3 lignes de récolte par parcelle).	43
Figure 15. Effet des systèmes de culture testés sur la verse.....	44
Figure 16. Effet de la densité à la récolte sur le rendement en céréales au champ (épis frais pour le maïs et panicules pour le sorgho) sur les différentes parcelles expérimentales (tous traitements confondus ; mesures faites les 3 à 6 lignes de récolte par parcelle)...44	44
Figure 17. Relation entre la quantité de tiges de sorgho sur la parcelle (T/ha) et la couverture du sol (en %) ; réalisée sur 24 placettes de 1 m ² par la méthode d'intersection avec une maille de 10 cm ; résidus de sorgho répartis aléatoirement.....	49
Figure 18. Situation pluviométrique avant la mise en place des essais à Finkolo.	53
Figure 19. Evolution de l'humidité volumétrique (TDR) en surface	55
Figure 20. Evolution de l'humidité volumétrique (TDR) en surface	56
Figure 21. Evolution de l'humidité volumétrique (TDR) lors d'un épisode pluvieux dans les différents traitements à Finkolo: a) humidité au 21 mai et b) humidité au 28 mai.....	57
Figure 22. Evolution de l'humidité volumétrique (TDR) lors d'un épisode pluvieux dans les différents traitements à Finkolo: a) humidité au 5 juin, b) humidité au 11 juin et c) humidité au 14 juin.	57
Figure 23. Evolution de l'humidité lors d'un épisode pluvieux dans les différents traitements à Finkolo: a) humidité au 21 juillet, b) humidité au 27 juillet.....	58
Figure 24. Comptage nombre poquet levé au 3 ^{ème} jour après semis à Finkolo.	59
Figure 25. Comptage nombre poquet levé au 5 ^{ème} jour après semis.	59
Figure 26. Pourcentage de branche végétative dans les différents traitements à Finkolo.	61
Figure 27. Estimation du système racinaire des cotonniers à Finkolo ;	62
Figure 28. Densité de peuplement à la récolte à Finkolo.	63
Figure 29. Rendement des différents modes de gestion du travail du sol	63
Figure 30. Estimation des systèmes racinaires dans des parcelles en culture pure de sorgho et du sorgho en association avec du brachiaria à Finkolo ; 4 profils par traitement.	65
Figure 31. Production de biomasse sèche de sorgho à Finkolo.	66
Figure 32. Rendement du sorgho des différents traitements	67
Figure 33. Situation pluviométrique en juin à Farako.	68
Figure 34. Rendement du coton des différents traitements en fonction.....	69
Figure 35. Nombre de pieds versés / ha pour le maïs à Farako.	70
Figure 36. Effets des systèmes de culture sur le rendement grain du maïs à Farako.	71
Figure 37. Estimation du taux de couverture graminées locales.....	79
Figure 38. Pourcentage de levée sur un essai faisant varier la quantité de pailles (0, 5 et 10 tonnes / ha) pour le semis de 3 cultures à 4 dates différentes ; dispositif en split-plot à 3 niveaux et 3 répétitions.	80

1. PRESENTATION

1.1. Introduction

Le Projet SCV (Semis-Direct sur Couvertures Végétales) lié à un partenariat de l'IER (Institut d'Economie Rurale) et du CIRAD (Centre International de Recherche Agronomique pour le Développement), est intégré au sein du PASE (Programme d'Amélioration des Systèmes d'Exploitation en Zone Cotonnière). Pour l'exécution de ce Projet un contrat tripartite lie le PASE, l'IER et le CIRAD pour 3 années (2005 à 2007 inclus).

Le PASE financé par l'Etat malien et l'AFD (Agence Française de Développement), a principalement pour objet d'appuyer la filière cotonnière et sa restructuration en vue notamment de la privatisation de la CMDT (Compagnie malienne des Textiles) prévue pour l'année 2008. Différentes actions sont réalisées dont un appui aux renforcements des Organisations Paysannes et des actions de Recherche-Développement.

Le Projet SCV du Mali bénéficie d'un soutien du FFEM (Fonds Français pour l'Environnement Mondial) concernant la mise à disposition d'un agronome de l'Unité de Recherches SCV du CIRAD pour cette même période. Ce projet est intégré dans le PTA (Programme Transversal d'Action en Agroécologie) qui bénéficie d'un co-financement du MAE (Ministères des Affaires Etrangères Français), du FFEM (Fonds Français pour l'Environnement Mondial), de l'AFD et du CIRAD à travers l'animation de 5 projets SCV dans les pays suivants : Madagascar, Laos, Cameroun, Tunisie, Mali. Ce Programme qui entre cette année dans sa deuxième phase, comprend différents volets dont des échanges entre pays (équipes de recherche, agents de développement, agriculteurs), des formations d'agronomes locaux, des missions d'appui. Pour le Projet SCV Mali il est ainsi prévu une formation du responsable Projet SCV au niveau de l'IER en 2006 et 2007 avec le soutien du MAE.

Le Projet SCV a démarré officiellement en mai 2005 avec un atelier de lancement au CRRA (Centre Régional de Recherche Agronomique) / IER de Sikasso qui a réuni certains représentants des principaux partenaires.

Ce premier rapport du Projet qui sera largement diffusé, fera l'objet d'une présentation lors de l'atelier de restitution en mars 2006 lors duquel sera proposé et débattu les orientations pour la prochaine campagne 2006. Ce bilan de campagne permettra de faire ressortir les faits marquants, positifs ou négatifs, avec une finalité orientée sur des acquis à court, moyen et long termes pour les agriculteurs de la zone cotonnière du sud Mali.

Ce rapport fait référence aux 11 protocoles présentés dans la programmation 2005 et synthétisés dans le Tableau 2.

Les objectifs globaux du projet visent à mettre au point de manière participative, pour les exploitations de la zone cotonnière, de nouveaux modes de gestion des sols qui permettent une mise en culture (rotations et successions culturales) durable et attractive car productive et compatible avec leurs contraintes.

Le coton évolue dans un contexte particulièrement inquiétant sur le plan économique dans la sous-région (baisse de compétitivité de la culture ; Deveze et Des Fontaines, 2005) et au Mali (réduction du prix d'achat au producteur malien) et également sur le plan environnemental (surexploitation des terres, dégradation pluviométrique). Il s'agit donc de proposer aux agriculteurs, mais pas d'opposer aux pratiques actuelles, d'autres modes alternatifs de gestion des sols et des cultures.

En effet il faut reconnaître que les efforts de vulgarisation de nouvelles techniques liées à l'encadrement de la CMDT autour de la filière cotonnière a permis de développer avec succès la culture attelée et l'utilisation de la fumure organique. Ces pratiques ont permis lors des dernières décennies de passer d'une agriculture itinérante à une agriculture fixée, avec une augmentation des superficies en coton et en maïs dans les assolements, signe que la fertilité des sols était maintenue ou améliorée (Gigou, 2002).

Les SCV permettraient une augmentation des rendements et des biomasses produites à niveau d'intrants optimisé grâce à une augmentation de l'efficacité des facteurs du milieu (eau, nutriments) et des apports de fumure organique, en améliorant peu à peu la fertilité biologique et organique des sols, par une conservation minimale de résidus. Il s'agit également d'intégrer dans ces nouveaux systèmes des améliorations techniques validées comme une gestion raisonnée des prédateurs des cultures (Traitement sur Seuil et Lutte Étagée Ciblée), l'utilisation de semences délintées pour le coton, l'application de meilleures densités de culture, de manière à augmenter la performance économique de ces systèmes tout en veillant à limiter l'emploi de pesticides.

Les SCV ont fait largement leur preuve dans de nombreuses écologies en systèmes motorisés et sont actuellement en voie de supplanter très largement les anciennes pratiques tournées vers le travail du sol (Seguy, 1999 ; 2003). En traction animale et en culture manuelle, des systèmes novateurs ont été conçus par des agriculteurs et relayés par la recherche à des zones périphériques à ces premières (notamment en Amérique Latine). Des nombreuses expériences sont aujourd'hui appuyées dans un cadre plus large en Afrique dénommé plus largement « Agriculture de Conservation », qui englobent une grande diversité de pratiques, des cultures associées, aux systèmes agroforestiers aux méthodes de gestion de l'eau en climat sec.

Le Projet SCV au Cameroun inséré au sein de la SODECOTON (Société de Développement du Coton) constitue une référence importante avec déjà une « masse » de données collectée et un réseau actuel de plus de 200 agriculteurs expérimentateurs en SCV (Balarabé O., 2006, et al.). Il apparaît entre les zones cotonnières camerounaise et malienne, de grandes différences dans les modes de gestion des sols sous culture cotonnière et les relations de l'agriculture et de l'élevage. On retiendra au Mali l'importance quasi-générale de troupeaux bovins dans les exploitations cotonnières permettant à la fois une plus grande capacité de culture, une mécanisation des travaux et des transports, une disponibilité en fumure organique, ainsi qu'une place importante des céréales dans l'assolement associant le coton. Au Cameroun les éleveurs forment une « caste » à part et les agriculteurs cultivent essentiellement le coton en culture manuelle (Beauval et Léval, 2003).

Pour autant les conditions du milieu naturel entre les 2 pays sont proches et à une irrégularité chronique de la pluviométrie, est associé des sols intrinsèquement pauvres, chimiquement et physiquement, car ils sont souvent riches en sables et très peu structurés (Pieri, 1989). La voie de redressement de cette pauvreté des sols par la biologie, à une grande échelle, est certainement un défi majeur pour aujourd'hui et demain pour l'ensemble de ces zones de savane.

L'importance de l'élevage au Mali est attestée par une étude récente au niveau des systèmes de production qui montre que les revenus tirés de l'élevage par les grandes exploitations cotonnières sont supérieurs à ceux du coton, en comptabilisant la part autoconsommée (Djouara et al., 2005).

Au Mali les OP (Organisations Paysannes) et leurs agriculteurs seront amenés à prendre une part plus active dans les aspects techniques de la production. Il peut-être envisagé à terme que les actions de recherche agronomique soient en partie initiées, évaluées et

réajustées par les Organisations Paysannes. Le PASE propose déjà aux OP des fonds incitatifs dans le cadre du Fonds de Réponse à la Demande Paysanne pour élaborer des projets de manière à s'impliquer dans la gestion de la filière cotonnière en particulier.

1.2. Partenaires du projet

La tutelle du Projet SCV est assurée par l'APCAM (Association Permanente des Chambres d'Agriculture du Mali) qui a un représentant spécifique pour le PASE qui suit régulièrement nos activités.

La mise en œuvre du Projet SCV est assurée par le PASE avec des contacts permanents et des visites de terrain de son Coordonnateur et Conseiller Technique.

La CRA (Chambre d'Agriculture Régionale) de Sikasso a été un interlocuteur privilégié dans les modalités de partenariat à construire avec les différentes OP et agriculteurs. Deux personnes ressources principales suivent l'état d'avancement du Projet, à savoir le Secrétaire Permanent du Conseiller Technique du PASE et son assistant. Ils organisent notamment nos présentations du Projet faites aux CCI (Cadre de Concertation Inter-Professionnel) qui sont un lieu privilégié de partage et débat autour des activités en cours au niveau des zones agricoles concernées.

Les responsables d'OP dans leur ensemble sont des partenaires au quotidien : choix des agriculteurs partenaires, organisations des visites de champ et des débats. Les OP sont de nature diverse : des AV (Associations Villageoises), des CPC (Coopératives de Producteurs de Coton) et des syndicats (SYCOV, Syndicat des producteurs de Coton et de Vivriers).

Les structures de développement sont également associées aux choix techniques et aux sensibilisations et visites de terrain (CMDT et OHVN, Office de la Haute Vallée du Niger) à la fois au niveau des directions, des régions et des secteurs.

1.3. Démarche globale

La démarche adoptée par le Projet SCV se caractérise par 3 niveaux d'études complémentaires (Figure 1) :

- Les essais en « milieu réel contrôlé » où les innovations sur les SCV sont créées;
- Les essais en station lieu privilégié d'études explicatives, de multiplication de matériel végétal et de tests d'innovations à risque ;
- En « milieu réel non-contrôlé », des enquêtes au niveau des systèmes actuels et des tests SCV à l'échelle de l'exploitation agricole.

Sur ces 3 niveaux d'études c'est le système de culture « coton-céréales » (rotations biennale ou triennale) qui fait l'objet d'études en inter-action avec le niveau de fertilité de sol (type, fumure organique et engrais) et la disponibilité en facteurs de production tels que les herbicides et les outils de traction animale.

La parcelle, les systèmes de culture et l'exploitation agricole sont donc nos principaux objets d'études, même si l'aboutissement de nos recherches peuvent avoir des conséquences à l'échelle des exploitations et du terroir. La structure des exploitations de grande taille où les

superficies cultivées se concentrent en des blocs culturaux de grande taille (plusieurs hectares voir dizaines d'hectare) permettrait une maîtrise facilitée du contrôle de l'érosion.

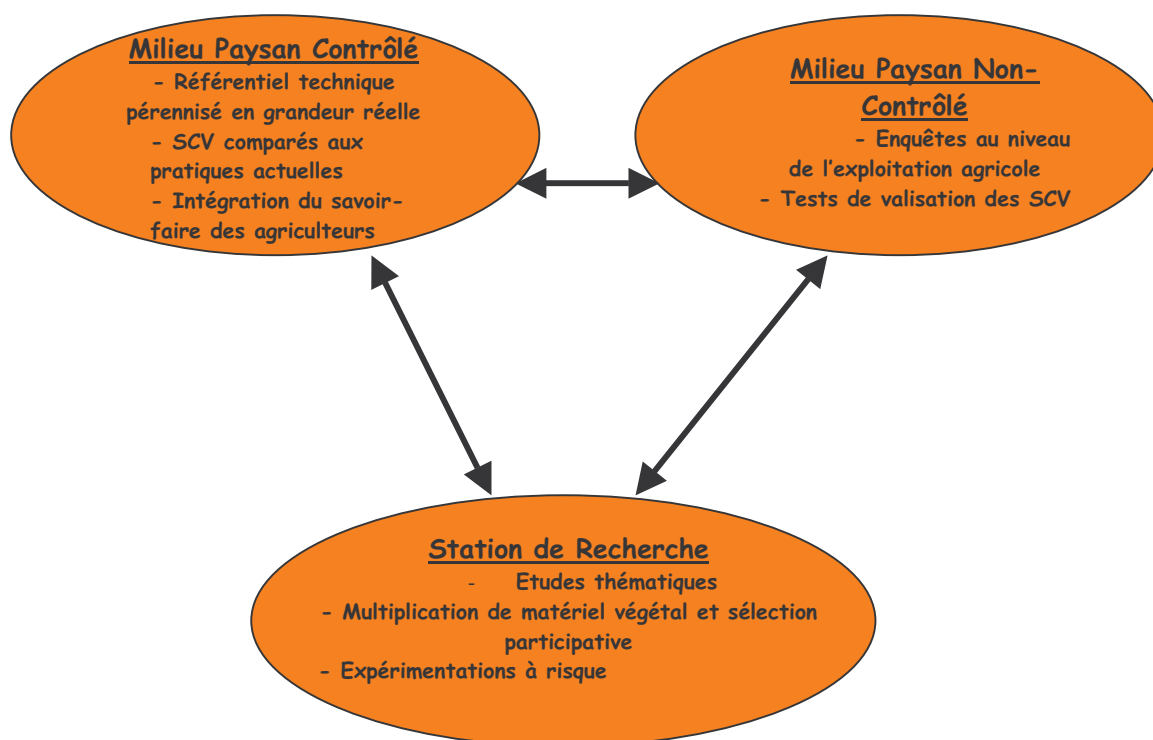
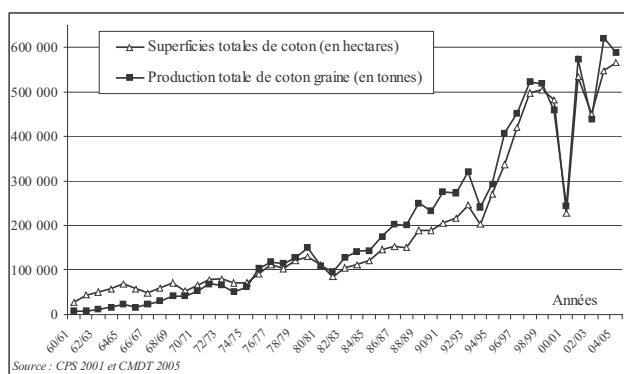


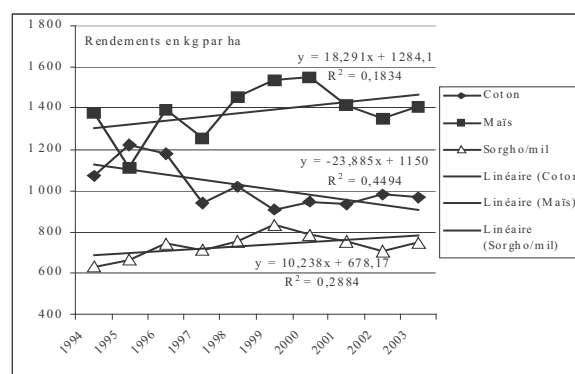
Figure 1. Schéma représentant la démarche du Projet SCV.

1.4. Contexte actuel

La zone cotonnière a connu à partir des années 80 un développement des superficies en coton. A partir des années 90 les rendements moyens ont diminué et se situent actuellement autour de 1 tonne / ha alors que les ceux des céréales ont augmenté (Figure 2).



a



b

Figure 2. Evolution de la zone cotonnière : (a) superficie et production globale en coton ; (b) évolution des rendements des principales cultures ; (d'après Djouara et al., 2005).

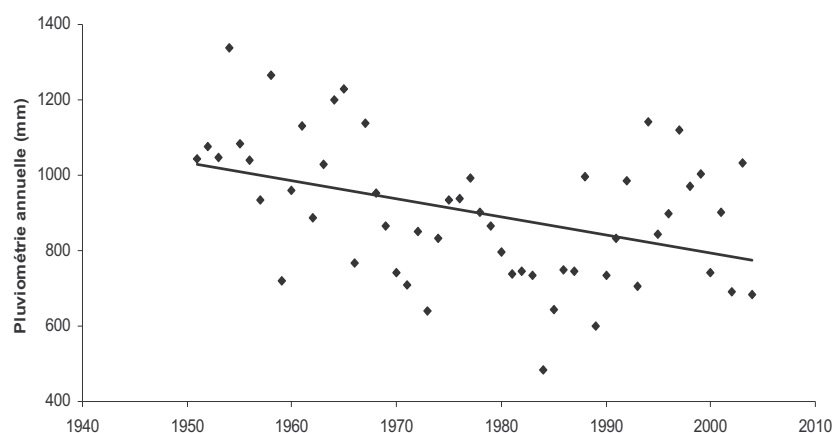


Figure 3. Evolution pluviométrique ces 50 dernières années à la station agronomique de N' Tarla (zone de Koutiala à 800 mm de pluviométrie moyenne).

Du côté de l'évolution climatique, il est établi une baisse tendancielle de la pluviométrie en Afrique de l'Ouest à partir des années 50 (Servat et al., 1997). Il est cependant reconnu que des phases humides alternent avec des phases sèches (Figure 3). Les années 80 ont été sèches alors que les années 90 plus humides. Il semblerait que les années 2000 soient plutôt situées dans une période sèche comme les années 2000, 2002 et 2004.

1.5. Localisation des sites expérimentaux et pluviométrie 2005

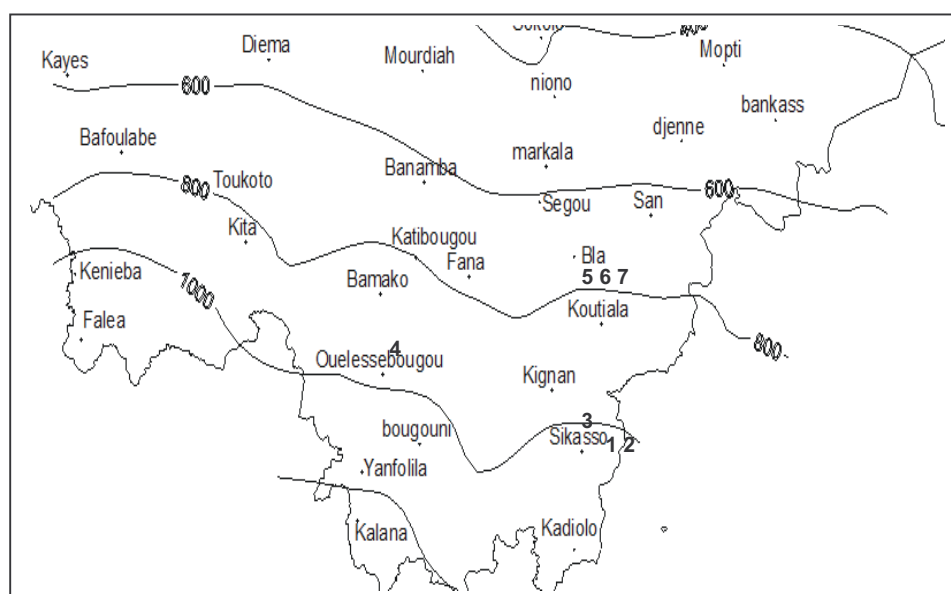


Figure 4. Emplacements des sites expérimentaux du Projet SCV en 2005 ; les isohyètes du sud Mali des 30 dernières années ; 1. IER Finkolo ; 2. IER Farako ; 3. Village de Fama ; 4 Village de Dafara ; 5 et 6 Villages de Nankorola-Dentiola ; 7 IER N'Tarla

Tableau 1. Bilan des relevés pluviométriques 2005 sur les différents sites ; pluviomètres IER ou gérés par les agriculteurs-collaborateurs du Projet SCV.

Région	Site	Zone pluviométrique	Total cumulé 2005
Sikasso	1. Farako IER	1000 – 1100 mm	1093 mm
	2 . Finkolo IER		881 mm
	3 . Fama Ousmane		668 mm
	3. Fama Niamafily		725 mm
Ouéléssébougou	4 .Dafara Oudiouma Diarra	900 mm	873 mm
	4 .Dafara Mpan Samanké		844 mm
Koutiala	5 .Ntarla IER	800 mm	804 mm
	6. Nankorola Adama Coulibaly		626 mm
	7. Dentiola Issa Malé		791 mm

Sur la Figure 4 sont localisés les différents sites expérimentaux en station (IER) et en milieu réel (villages de Fama, près de Sikasso, de Dafara, près d'Ouéléssébougou et de Dentiola et Nankorola, près de Koutiala) où la pluviométrie a été relevée, et le tableau les données obtenues en 2005. On constate que l'année 2005 (Tableau 1) a été « normale » pour les sites de Farako, Dafara et Ntarla, alors qu'un déficit prononcé s'est fait remarquer à Finkolo, Fama et Nankorola (voir en annexe le détail des relevés).

Tableau 2. Expérimentations et numéros de protocole du Projet PASE SCV en 2005.

Type et titre actualisé	N°Protocole	Site	Surface	Bilan
Essais en stations				
Sélection Participative de Plantes de Couverture	1	Farako	7.000 m ²	Mise en place tardive ; globalement faibles récoltes Participation paysanne : 1 seule espèce retenue ; <i>Brachiaria ruziziensis</i>
Multiplication de plantes de couverture	2	Farako N'Tarla	7.500 m ² 7.500 m ²	A Farako, réussite de production du <i>Brachiaria ruziziensis</i> A N'Tarla, réussite de production de <i>Mucuna pruriens</i>
Test de matériel de semis-direct	3	Farako	4.875 m ²	Mise en place tardive ; résultats significatifs concernant l'étalement des semoirs Intérêt montré du semoir épandeur Fitarelli de traction animale
Cultures associées	4	Farako	2.740 m ²	Résultats intéressants sur les associations maïs, sorgho avec <i>Brachiaria spp.</i>
Date de semis en fonction de la couverture du sol	5	Farako	1.430 m ²	Mise en place tardive : résultats significatifs sur une seule date de semis
Rotations coton/céréale en SCV comparés aux systèmes conventionnels				
Parcelle de coton : rotation coton/sorgho	6	Finkolo	5.230 m ²	Bonne installation des essais ; pérennité assurée pour 2006 et 2007 Protection contre la divagation des animaux effectuée
Parcelle de sorgho : rotation coton/sorgho	7	Finkolo	6.680 m ²	
Parcelle de coton : rotation coton/maïs	8	Farako	6.200 m ²	
Parcelle de maïs : rotation coton/maïs	9	Farako	6.200 m ²	
Milieu réel contrôlé				
Expérimentation Participative en milieu Réel Contrôlé sur la création de systèmes de culture à base de coton sans labour	10	Zone Sikasso (2) Zone Koutiala (2) Zone Oullésébougou (2)	+6 ha	Respects des engagements pris : pérennité envisagée pour 2006 et 2007 Mise en place des systèmes prévus avec des résultats spécifiques suivant les sites
Milieu réel semi-contrôlé				
Enquêtes et préparation tests SCV en 2006	11	Zone Sikasso (10) Zone Koutiala (10) Zone Oullésébougou (10)	12 à 20 exploitations par village	Respects des engagements pris ; continuité assurée avec programmation 2006

2. ENQUETES : CARACTERISATION DES EXPLOITATIONS ET PRATIQUES EN RELATION AVEC LES SCV (PROTOCOLE N°11)

2.1. Introduction

Le choix des villages partenaires du projet a été effectué lors de tournées de terrain aux mois de mars et avril, avant la tenue de l'atelier. Nous pensions au départ faire varier surtout le facteur pluviométrique en choisissant un gradient du type zones à 800, 1.000 et 1.200 mm. Nous avons plutôt concentré nos interventions dans la principale zone climatique de production de coton (entre 800 et 1.000 mm), avec 2 régions insérées dans le « vieux bassin » bassin cotonnier en zone CMDT et une plus récente pour le coton en zone OHVN. Les trois zones d'intervention retenues sont situées non loin de l'axe principal goudronné qui encercle la zone cotonnière, ce qui facilitera l'accès aux différents partenaires de ces sites et assurera un suivi facilité de l'équipe SCV.

En zone située autour d'une pluviométrie proche de 800 mm, ce sont les villages de Nankorola et Dentiola qui ont été retenus comme étant très représentatifs de ce « vieux bassin » cotonnier à forte saturation foncière (de Fana à Koutiala) et également de part le choix du PCP (Pôle de Compétence en Partenariat) « Gesed » (Gestion des Ecosystèmes de Savanes) d'y investir dans la durée avec une approche pluridisciplinaire.

Pour la région de Sikasso, nous avons choisi en collaboration avec le Programme Bovin de l'IER, le village de Fama, pour développer des synergies autour de la valorisation fourragère (thématique abordée dans les SCV). Ce village a été également reconnu par des représentants d'OP comme étant fortement orienté sur la production du coton.

En zone OHVN, c'est également en passant par des représentants d'OP que le village de Dafara a été choisi comme base de départ en raison d'actions antérieures de sensibilisation aux SCV réalisées par l'AFDI (Association Française pour le Développement International) de Touraine. A cause de la relative petite taille de ce village, contrairement à Fama, nous avons élargi notre action à 4 villages environnants (Marako, Diefing, Korona et Kodiolan).

L'objectif de ces enquêtes est à la fois :

- de situer nos agriculteurs-collaborateurs dans les typologies existantes ;
- d'actualiser les pratiques culturelles sensées à priori fortement conditionnées les contraintes et atouts à la pratique de SCV.

Des questionnaires très simples ont été établis au niveau de l'exploitation agricole (ou UP, unité de production) qui au Mali concerne un ensemble de ménages, avec un responsable d'UP, des champs essentiellement collectifs et des parcelles individuelles. On a relevé les structures de l'exploitation (actifs, superficie, matériel, assolement) et aussi des éléments sur les dynamiques actuelles (évolution récente des superficies des cultures et des rendements), les sources de revenus, les moyens de gérer la fertilité du sol (engrais, fumures organiques). Des enquêtes de leurs parcelles principales où le coton a été recensé au moins une fois les trois dernières années, avec à dire-d'acteurs et au champ, des questions centrées sur la gestion des résidus de récolte, le travail du sol, la contrainte des adventices, le niveau de fumure organique et de fertilisation minérale utilisé.

Le choix des agriculteurs s'est effectué sur la base d'un volontariat en associant au départ la CRA, des représentants des CCI, après une présentation du Projet au niveau du village, en présence des autorités locales (chefs de village, maires) et des responsables d'OP locales. Dans chaque zone, nous avons également essayé d'équilibrer nos choix en ayant à la fois

des exploitations de grande taille et de taille moyenne (classes A et B de la CMDT). Ces UP cultivent 90% des superficies dans la zone (Tableau 4).

2.2. Résultats

2.2.1. Différenciations des zones par les exploitations

Tableau 3. Caractéristiques moyennes des exploitations enquêtées par zone (ou Unités de Production (UP)).

Zone	Nombre enquêtées	Attelage/ha	Actifs/ha	UBT/ha cult	% coton exploitation	Nb bovins / exploitation	%terres non cul
Sikasso (Fama) ; 14 UP	13	0.26	0.90	1.3	53	29.6	12.9
Ouélessébougou (Dafara) ; 13 UP	12	0.19	1.35	1.8	34	28.4	8.4
Koutiala (Nankorola-Dentiola) ; 22 UP	23	0.18	0.67	1.0	32	18.9	7.5

Les données moyennes sur les UP des trois zones d'intervention permettent de différencier nos trois zones (Tableau 3) :

- La disponibilité en culture attelée plus forte à Fama ;
- Une disponibilité en actifs agricoles plus importante à Dafara ;
- Une plus grande importance du coton dans l'assolement au niveau de Fama ;
- Une plus faible présence de l'élevage au niveau des exploitations de Dentiola/Nankorola.

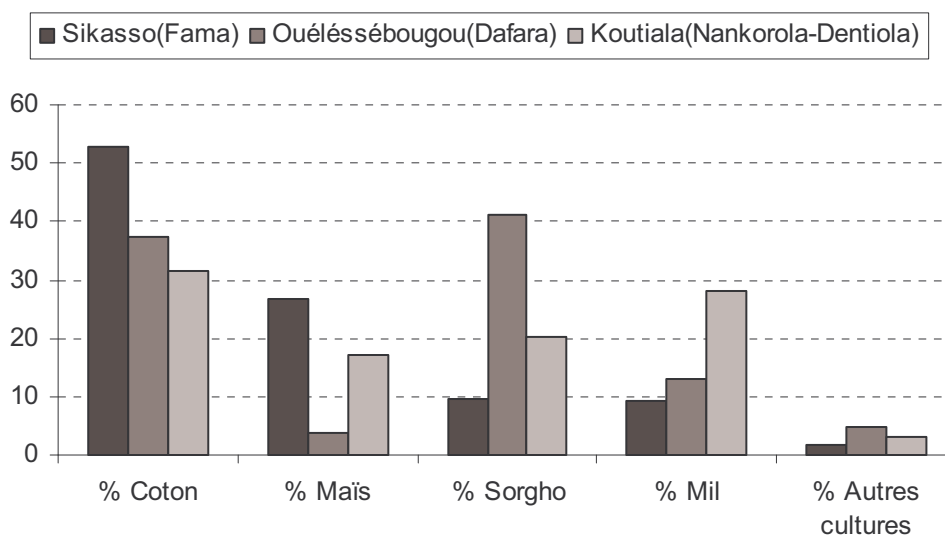


Figure 5. Place des principales cultures dans l'assolement en 2005 par zone à partir des caractéristiques moyennes des exploitations enquêtées.

Egalement nous constatons des différences notables dans les proportions des cultures présentes au niveau de l'assolement (Figure 5) :

- A Fama, dominance du coton et du maïs et faible présence du sorgho et du mil ;
- A Dafara, dominance du coton et du sorgho et faible présence du maïs et du mil ;
- A Nankorola-Dentiola, un meilleur équilibre dans les 4 cultures principales avec par ordre d'importance, le coton, le mil, le sorgho et le maïs.

Dans les trois zones la place des autres cultures (arachide, niébé, riz, maraîchage) en terme de superficie reste marginale mais peut avoir sur le plan des revenus et de l'élevage une place importante.

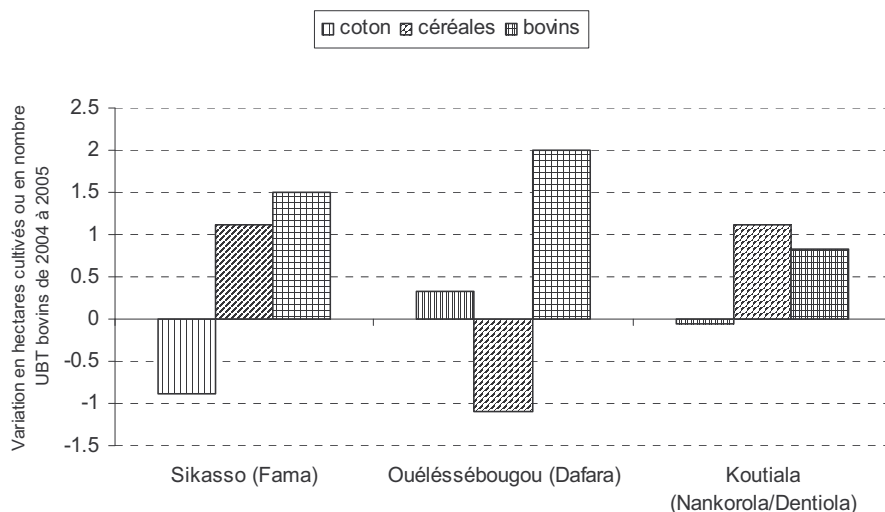


Figure 6. Changement des spéculations de 2004 à 2005.

Le relevé du changement des principales productions (coton, céréales en superficies) et de l'élevage (bovins en nombre de têtes) entre les deux dernières années (Figure 6), indique sur Fama une réduction moyenne des superficies en coton compensée par une augmentation du même ordre en céréales (1 hectare environ).

A Ouéléssébougou c'est les superficies moyennes en céréales qui diminuent au bénéfice du coton alors qu' à Nankorola-Dentiola il semble qu'il y ait eu une augmentation de superficies en céréales sans réduction de celles en coton.

Sur les trois zones, il semble que les effectifs des troupeaux ont augmenté.

2.2.2. Typologie des exploitations

Tableau 4. Typologie des exploitations agricoles (UP) de la CMDT.

Données	Classe des exploitations CMDT			
	A	B	C	D
Importance en nombre	21%	52%	29%	
Importance en superficie cultivée	39%	50%	11%	
Equipement moyen	> 2 unités paire de boeufs	Au moins 1 unité de paire de boeufs	Début d'équipement	Culture manuelle
Superficie moyenne	15 ha	9 ha	4 ha	
Nombre moyen de personnes	26 (3 à 5 ménages)	14 (2 ménages)	7 (1 ménage)	
Nombre moyen de Bovins	> 10 têtes	<= 10 têtes	Non significatif	

Dans le Tableau 4 la typologie CMDT est présentée avec les 4 classes qui se différencient essentiellement par le niveau d'équipement, la taille moyenne ainsi que le nombre de bovins. Les grandes exploitations (Classe A) et les moyennes exploitations (classe B) représentent les ¾ des exploitations et cultivent les 90% des terres cultivées.

Tableau 5. Nombre d'agriculteurs collaborateurs du Projet SCV en fonction de la typologie CMDT.

Zone	Classe des exploitations CMDT			
	A	B	C	D
Sikasso (Fama)	8	5	1	0
Ouélessébougou (Dafara)	7	5	1	0
Koutiala (Nankorola-Dentiola)	11	11	1	0

Nous remarquons dans le Tableau 5 que l'essentiel des partenaires choisis en 2005 font parti des deux classes dominantes A et B. La sur-représentation de la classe A se justifie par une volonté de notre Projet d'associer des responsables d'OP comme partenaires qui ont souvent des exploitations de grande taille.

2.2.3. Utilisation de la fumure organique

Nous avons demandé à nos agriculteurs la fréquence d'épandage de fumure organique (déchets domestiques, fumier de parc ou poudrette de parc) sur leurs parcelles, la part de la parcelle recevant l'apport et la quantité mise sur la parcelle (en nombre de charrettes) (Tableau 6).

Nous constatons qu'à Fama la fréquence d'apports de fumure organique est très élevée, 80% en moyenne, à la fois sur coton et céréales. La part de la parcelle fertilisée varie entre 38 et 50% et les quantités apportées sont plus importantes pour les céréales (maïs dominant) que pour le coton.

A Dafara les fréquences d'utilisation sont bien inférieures, 41% pour le coton et seulement 8% pour les céréales (sorgho dominant). Les modes d'épandage sont similaires, c'est-à-dire qu'environ la moitié de la parcelle reçoit la fumure organique.

A Dentiola/Nankorola, la fréquence d'épandage est voisine de celle de Dafara. La principale différence avec les autres sites réside dans des apports plus importants pour la culture du coton.

Tableau 6. Modalités d'utilisation de la fumure organique selon les différents sites sur des parcelles ayant reçu au moins une fois du coton les 3 dernières années ; 280 parcelles au total sur déclaration des agriculteurs.

Zone	% Parcelles recevant de la fumure organique		Coton		Céréales	
	Coton	Céréales	% de la superficie des parcelles fumées	Nombre de charrettes / Ha	% de la superficie des parcelles fumées	Nombre de charrettes / Ha
Sikasso (Fama)	85	75% (maïs surtout)	50	50	38	150
Ouélessébougou (Dafara)	41	8% (sorgho surtout)	47	50	45	111
Koutiala (Nankorola-Dentiola)	50	9% (maïs, sorgho et mil)	60	111	51	104

2.2.4. Précédent à la culture du coton et gestion des résidus de récolte

Les données suivantes intègrent des éléments qui sont très importants dans la mise en place de SCV à savoir, le type de successions culturales et de mode de gestion des résidus de récolte (Annexe 13.1).

Sur les différents schémas de la Figure 7 ont été représentés en % de fréquence le précédent à la culture de coton.

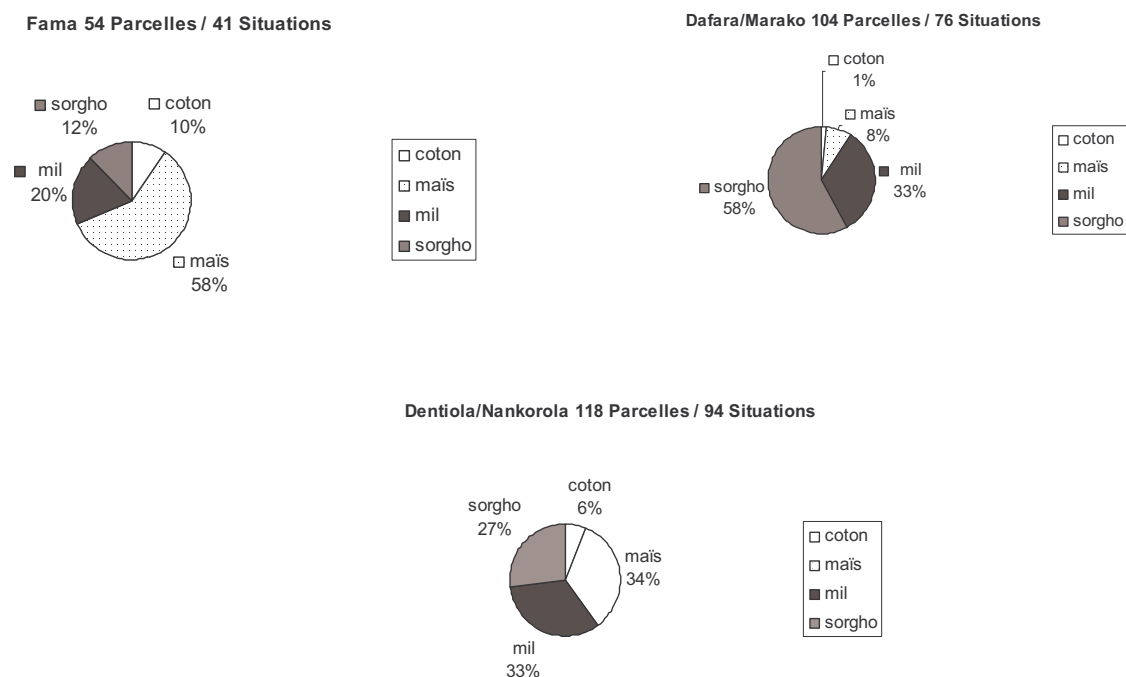


Figure 7. Précédent au coton sur les différents sites.

Nous remarquons qu'à Fama la culture de coton se réalise dans 68% des cas après des cultures de maïs ou de coton (monoculture pendant au moins 2 années).

A Dafara, le sorgho vient dans la majorité des cas comme précédent au coton.

A Dentiola/Nankorola, les 3 types de précédents culturaux sont représentés.

Cela nous indique qu'à Fama et Dafara le système de culture dominant est la rotation biennale de type coton-maïs à Fama et coton-sorgho à Dafara, alors qu'à Dentiola/Nankorola nous avons plutôt une plus grande diversité de systèmes avec des rotations de type triennale coton/maïs/mil ou coton/maïs/sorgho ou biennales, coton/maïs, coton/sorgho, coton/mil.

Dans les Tableaux 7, 8 et 9 sont mentionnés, les modes de gestion des résidus susceptibles de déterminer des atouts ou des contraintes importantes en terme de faisabilité des SCV. Il est seulement mentionné 3 modalités de gestion des résidus : apportés comme litières au niveau des fosses fumières, laissés au champ et le brûlage. Cependant d'autres utilisations des résidus sont fréquentes pour un usage domestique notamment pour les tiges de sorgho et de mil. Ainsi il est fort probable qu'une partie des résidus et en fonction de la proximité de la parcelle par rapport au village, soit prélevée au niveau de la modalité « laissés au champ ». Il faut également mentionner que le pâturage libre ou contrôlé est fréquent sur la grande majorité des parcelles et font l'objet d'un prélèvement systématique des parties les plus appréciées (feuilles, fines tiges).

A Fama (Tableau 7), les prélèvements pour la constitution de litières à destination des fosses fumières semblent négligeables. La plupart des résidus sont laissés au champ. Les résidus de maïs laissés au champ sont en fait très largement consommés par les bovins à partir du mois de décembre.

Tableau 7. Gestion des résidus de récolte à Fama (56 parcelles).

Type de gestion	Coton	Maïs	Sorgho	Mil
Fosse fumière	10%	8%	0%	0%
Laissés au champ	75%	78%	100%	80%
Brûlés	15%	14%	0%	20%

A Dafara (Tableau 8) aucun recyclage à destination des fosses fumières n'est mentionné. Les résidus ne sont pas enfouis au moment du travail du sol et sont principalement brûlés.

Tableau 8. Gestion des résidus de récolte à Dafara (104 parcelles).

Type de gestion	Coton	Maïs	Sorgho	Mil
Fosse fumière	0%	0%	0%	0%
Laissés au champ	3%	100%	6%	12%
Brûlés	97%	0%	94%	88%

A Dentiola/Nankorola (Tableau 9), les résidus sont fortement recyclés au niveau des fosses fumières, particulièrement ceux de coton et de maïs. Une part non négligeable de résidus est déclarée être brûlée notamment ceux de sorgho.

Tableau 9. Gestion des résidus de récolte à Nankorola/Dentiola (118 parcelles).

Type de gestion	Coton	Maïs	Sorgho	Mil
Fosse fumière	65%	60%	20%	27%
Laissés au champ	15%	20%	27%	45%
Brûlés	20%	20%	53%	28%

2.2.5. Modes de gestion du sol

Les modes de gestion des sols avant et au semis sont également primordiales sur les conséquences en terme de problématique SCV.

Nous avons reporté dans les Tableaux 10, 11 et 12 les 4 types de gestion du sol avant semis sachant que des observations de terrain ont montré de nombreuses autres « sous-types » de gestion, notamment des travaux du sol localisé aux niveaux des inter-billons (Annexe 13.2).

A Fama c'est le labour à plat qui semble largement dominé les modes de préparation du sol, notamment pour le coton et dans une moindre mesure pour les céréales. Des préparations du sol simplifiées, comme les scarifiages, sont relativement peu utilisés. Il y a une tendance à ce que les travaux sur mil et sorgho soient plus simplifiés (scarifiage ou aucun travail du sol dans 1/3 des cas).

Tableau 10. Travail du sol avant semis à Fama (59 parcelles).

Type de travail	Coton ¹	Maïs ¹	Sorgho ¹	Mil ¹
Labour ¹	90.0%	71.4%	66.7%	66.7%
2 scarifiages	5.0%	14.3%	11.1%	11.1%
1 scarifiage	5.0%	14.3%	11.1%	11.1%
Aucun travail du sol	0.0%	0.0%	11.1%	11.1%
¹ A plat				

A Dafara il existe une grande disparité de pratiques et le labour n'est pas le travail du sol dominant, toutes cultures confondues. Sur coton, il semble co-exister à part égale le labour et le scarifiage (simple ou double). Sur sorgho, qui est la principale culture, le semis-direct est dominant, suivi du labour et du scarifiage. Le mil bien que peu présent est lui aussi semé principalement en semis-direct.

Tableau 11. Travail du sol avant semis à Dafara (104 parcelles).

Type de travail	Coton ¹	Maïs ¹	Sorgho ²	Mil
Labour ^{1 2}	43.6%	0.0%	33.3%	0.0%
2 scarifiages	30.8%	66.7%	10.3%	16.7%
1 scarifiage	25.6%	33.3%	15.4%	16.7%
Aucun travail du sol	0.0%	0.0%	41.0%	66.7%
¹ A plat ² Sur billons dominant				

A Dentiola/Nankorola, le labour à plat n'est plus également le mode de gestion des sols avant semis le plus fréquent, toutes cultures confondues. Pour le coton et comme à Dafara, coexiste à égale fréquence le scarifiage des sols et le labour à plat. Sur maïs il semblerait que le scarifiage du sol domine très largement. Sur sorgho et mil on note l'importance en fréquence du semis-direct.

Tableau 12. Travail du sol avant semis à Nankorola/Dentiola (118 parcelles).

Type de travail	Coton ¹	Maïs ¹	Sorgho ²	Mil ²
Labour ¹	43.8%	39.1%	38.5%	33.3%
2 scarifiages	35.4%	43.5%	30.8%	14.3%
1 scarifiage	18.8%	17.4%	19.2%	47.6%
Aucun travail du sol	2.1%	0.0%	11.5%	4.8%
¹ A plat ² Sur billons dominant				

2.2.6. Gestion des adventices

Trois modes de gestion des adventices sont à la disposition des agriculteurs : le sarclage manuel, une intervention au scarificateur ou avec un corps-butteur dans les inter-rangs du coton ou des céréales et l'application d'herbicides.

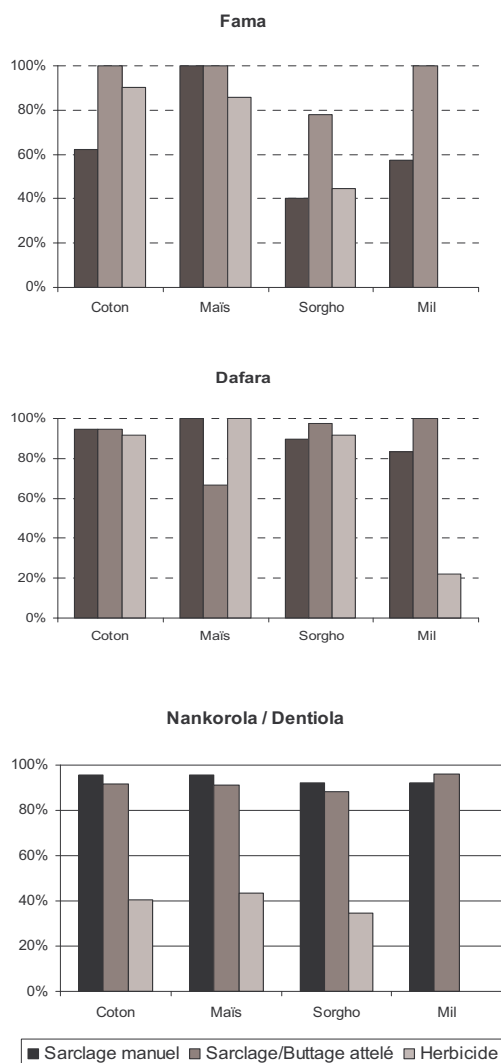


Figure 8. Mode de gestion des adventices selon le type de culture.

Nous constatons (Figure 8) que sur l'ensemble des parcelles le sarclage manuel et le sarclage attelé (scarificateur ou corps-butteur) interviennent très fréquemment sur les parcelles et souvent en association. Souvent le sarclage manuel suit l'intervention attelée qui ne peut atteindre les adventices présentes au niveau des lignes de semis.

L'utilisation des herbicides (technique devant être bien maîtrisée en SCV) varie selon les sites et selon les cultures. Cette pratique semble toujours coexister avec le sarclage manuel et les interventions en traction animale. Le sous-dosage lors des traitements semble être dominant.

A Fama le recours à des herbicides sur coton (en post-levée, comme le Gallant super) est très courante alors que sur maïs le recours à des prélevés domine (à base d'atrazine). Pour ces deux cultures 80% des parcelles reçoivent au moins une fois une application

d'herbicides alors pour que pour le sorgho et le mil le recours à des traitements chimiques est beaucoup plus rare.

A Dafara le recours aux herbicides est très fréquent non seulement sur coton mais également sur sorgho qui est la principale céréale. Le Gallant Super est également largement utilisé pour le coton. Sur sorgho le recours à un traitement total avant semis (Round-Up) est la pratique la plus fréquente liée à un semis-direct.

A Nankorola / Dentiola le recours aux herbicides est beaucoup moins fréquent que sur les autres sites notamment sur coton (à peine 40% des parcelles en reçoivent au moins une application) et à peu près égale pour les cultures de coton, maïs et sorgho.

Sur les 3 sites c'est la culture de mil qui reçoit le moins d'application d'herbicides.

Tableau 13. Les principales adventices déclarées nuisibles par les agriculteurs ; S = région de Sikasso (Fama) ; O = région d'Ouélessébougou (Dafara) ; K = région de Koutiala (Nankorola-Dentiola).

Groupe	Famille	Nom scientifique	Nom vernaculaire	Perception des agriculteurs
Monocotylédones	Graminées	<i>Eleusine indica</i> (S, O, K)	Fini Bountrémé Nguétrima	Fertilité
		<i>Rottboellia exaltata</i> (S, O)	Chien Chan	Fertilité
		<i>Cynodon dactylon</i> (S)	Narakata	Fertilité
		<i>Digitaria horizontalis</i> (O, K)	Narakata	
		<i>Pennisetum pedicellatum</i> (O)	Ngolo	
		<i>Dactyloctenium aegyptium</i> (O, K)	Michi taga Ndéguelé	
		<i>Paspalum scrobiculatum</i> (O)	Touloubing	
		<i>Setaria pumila</i> (O)	Ngolo ba dablé	
		<i>Echinochloa colona</i> (O)	Noronan	
		<i>Chloris pilosa</i> (S)	Baboonsi	Humidité
		<i>Bulbostylis barbata</i> (O, K)	Tionkoblen	
	Cypéracées	<i>Cyperus rotundus</i> (S)		
		<i>Cyperus difformis</i> (K)	Tionkoba	
	Commelinacées	<i>Commelina benghalensis</i> (S, O, K)	Clesinamuso Kilé bouran Boro boro femme	Fertilité Humidité
		<i>Commelina forskalaei</i> (K)	Boro boro homme	Pauvreté
Dicotylédones	Convolvulacées	<i>Ipomea hispida</i> (S)	Woulounintulo	Fertilité (fumure de parc)
		<i>Ipomea eriocarpa</i> (O)	Wouloumi Koulo	Fertilité
	Tiliacée	<i>Corchorus olitorius</i> (O)	Ntiofon	
	Rubiaceae	<i>Mitracarpus villosus</i> (O)	Kounsoro	
		<i>Spermacace stachydea</i> (K)	Namna	Pauvreté
	Caesalpinacée	<i>Cassia obtusifolia</i> (K)	Balan balan	
	Asteracée	<i>Acanthospermum hispidum</i> (K)	Nonitulofila	Fertilité
		<i>Ageratum conyzoides</i> (O)	Npéguenaba	

Un premier relevé des adventices a été effectué (Tableau 13). La démarche utilisée a été :

- par déclaration des agriculteurs de donner le nom vernaculaire des principales adventices en terme de fréquence et de pénibilité du travail ;
- par des questions, une indication sur les signes de leur présence en relation avec le sol ;
- un prélèvement, la mise en herbier au niveau de chaque site et l'identification au moyen d'une flore.

Nous avons regroupé dans le Tableau 13 les adventices par grand groupe puis par famille.

Ce sont les graminées qui dominent, avec des espèces ubiquistes (non spécifiques) que l'on retrouve sur les 3 sites comme *Eleusine indica* dont la présence est un signe de bonne fertilité des terres. *Rottboellia exaltata* est par contre plus caractéristique des zones plus humides et constitue la principale adventice à Fama, particulièrement contraignante dans une culture de maïs (Annexe 13.2) (sur coton elle est bien maîtrisée par l'emploi de Gallant Super en postlevée).

2.2.7. Utilisation de la fumure minérale

La fréquence d'utilisation de la fumure minérale est mentionnée dans le Tableau 14 pour les 3 sites. Il ressort très nettement que la fertilisation minérale est ciblée sur le coton et le maïs. A Nankorola / Dentiola il existe cependant une fréquence d'utilisation d'engrais sur mil et sorgho qui n'est pas négligeable, respectivement 30% et 25% des parcelles.

Tableau 14. Utilisation de la fumure minérale par site et pour les principales cultures.

Zone	Coton	Maïs	Sorgho	Mil
Sikasso (Fama)	95%	100%	22%	33%
Ouélessébougou (Dafara)	95%	83%	18%	0%
Koutiala (Nankorola-Dentiola)	98%	100%	24%	29%

2.2.8. Pâturage sur les parcelles

Nous avons indiqué dans le Tableau 15 les fréquences de pâturage des parcelles par des troupeaux avec les dates de début de divagation et de fin de divagation des animaux. Il est seulement mentionné ici la vaine pâture. Avant celle-ci il semblerait que des pratiques de pâturage précoce soient contrôlés par le propriétaire des parcelles et pour ces animaux qui profitent ainsi des résidus d'une manière qualifiée (feuilles vertes de coton, feuilles de céréales).

Tableau 15. Modalités du pâturage libre des parcelles par site.

Zone	Fréquence	Début	Fin
Sikasso (Fama)	96%	Mois de janvier dominant	Mois d'avril et mai dominants
Ouélessébougou (Dafara)	63%	Mois de janvier dominant	Début juin dominant
Koutiala (Nankorola-Dentiola)	97%	Mois de janvier dominant	Mois de mars-avril dominants

Nous constatons sur l'ensemble des sites un début de la divagation des animaux similaire, intervenant au mois de janvier, avec une moindre fréquence de pâturage des parcelles à Dafara.

La période de libre divagation ou de disponibilité en résidus semble être plus courte au niveau de Nankorola/Dentiola, intermédiaire à Fama et plus prolongée au niveau de Dafara.

2.2.9. Aménagements de lutte contre l'érosion

Dans le Tableau 16 nous avons synthétisé des réponses à des questions au sujet de la présence visible d'érosion sur la parcelle avec les types d'actions réalisées pour sa maîtrise. La présence d'érosion sur les parcelles semble assez fréquente (il s'agit souvent de chemins d'eau ; Annexe 13.2) surtout au niveau de Nankorola-Dentiola (plus de la moitié des parcelles) alors que les méthodes de lutte semblent les moins fréquentes.

A Fama le recours à des haies vives est souvent cité pour freiner le ruissellement alors qu'à Dafara c'est l'utilisation des cordons pierreux qui est le système le plus employé. Ces aménagements au niveau de la parcelle semblent liés à des actions entreprises au niveau de différents projets associés aux structures de développement (CMDT, OHVN). Il est à relever que peu de systèmes vraiment fonctionnels ont pu être observés sur le terrain par manque d'entretien.

Tableau 16. Modalités d'aménagements anti-érosifs déclarés.

Zone	Présence érosion	Aucun	Billons	Cordons pierreux	Haies vives
Sikasso (Fama)	42.4%	38.0%	10.0%	10.0%	42.0%
Ouélessébougou (Dafara)	29.8%	29.0%	0.0%	64.5%	6.5%
Koutiala (Nankorola-Dentiola)	53.6%	90.0%	3.3%	6.7%	0.0%

2.3. Discussion

Au niveau du choix des agriculteurs, notre échantillonnage sur-représente la classe des grandes exploitations (type A) et les données moyennes obtenues sur les caractéristiques structurelles des exploitations sont au-dessus de celles généralement obtenues.

Même si un nombre relativement réduit d'exploitations a été enquêté, le fait que les différentes classes d'exploitation soient représentées avec le même poids pour les trois sites, nous permet d'utiliser les données obtenues pour caractériser les 3 sites d'expérimentation sur le plan des atouts et contraintes aux SCV.

Une analyse rapide des pratiques paysannes réalisées lors de ces enquêtes, a permis d'enrichir notre réflexion sur la conception de nouveaux itinéraires techniques intégrant des SCV.

Les trois sites choisis présentent différents atouts et contraintes concernant la promotion de tels systèmes. A Fama, il semblerait ainsi que les systèmes de culture actuels soient très éloignés de pratiques SCV : forte utilisation de la culture attelée, faible proportion de cultures laissant des résidus sur le sol (coton et maïs). A Dafara, à l'opposé, les systèmes actuels évoluent vers des pratiques simplifiées (fréquence d'utilisation du scarifiage sur coton, semis-direct du sorgho, utilisation courante d'herbicides). En outre sur ce dernier site la forte proportion de sorgho dans la rotation est un atout très important car celui-ci permet la production de résidus qui résiste fortement au pâturage et à la dégradation biologique (termites et microorganismes). A Nankorola-Dentiola, la présence de sorgho ou de mil dans la rotation avec le coton est un atout (effet reliquat de résidus) mais il apparaît que le recyclage des résidus pour la production de fumier est important ainsi que le stockage de résidus de récolte à des fins de fourrage. Egalement sur ce dernier site la faible utilisation (et donc connaissance des herbicides) peut apparaître comme une contrainte supplémentaire.

Ces résultats devraient être comparés et enrichis par les enquêtes faites à une plus grande échelle par la cellule suivi-évaluation de la CMDT et celles du Projet « Caractérisation » du PASE. Des enquêtes au champ réalisées au niveau des villages de Nankorola-Dentiola dans le cadre du PCP Gesed ont confirmé que dans cette zone en 2005 le travail du sol dominant précédant le semis a été en début de campagne (du 15 mai au 30 juin) le scarifiage du sol, double ou simple, puis le labour à plat ou le billonnage aux mois de juillet (Poccard-Chapuis, non publié).

On constate par ailleurs au niveau des caractéristiques des 40 exploitations partenaires du Projet SCV en 2006, que parmi les classes A et B des exploitations, il y a une grande disparité dans le poids de l'élevage au sein de l'exploitation (qui peut s'exprimer, par le nombre d'UBT (Unité de Bétail Tropical; 1 bovin moyen correspondant environ à 0.8 UBT). Dans le tableau en annexe il apparaît ainsi que la classe des grandes exploitations (A) le nombre d'UBT / ha varie entre 0.5 et 8.3, ce qui est censé donner de grandes différences au niveau de la quantité et de la qualité de fumure organique disponible au niveau de l'exploitation. Berger (1996) signale par ailleurs qu'en moyenne en zone cotonnière ouest africaine (type de sol, bovins, zone climatique) qu'il faille pour produire suffisamment de poudrette de parc pour maintenir la fertilité des sols cultivés pour 9 ha de cultures, 30 bovins, soit 3.3 têtes / ha ou 2.6 UBT / ha,. Ce niveau est beaucoup plus bas en cas de confection de fosse fumièr (1.3 bovin / ha ou 1 UBT / ha). Pieri (1989) cite que pour compenser la minéralisation des MOS (taux moyen) un apport minimal de 2 T MS fumier/ ha / an est nécessaire. Ce seuil semble en majorité ne pas être atteint. Cela confirme que les SCV par conservation sur place de la biomasse pourrait contribuer à un apport important en C et éléments minéraux pour le sol et à moindre coût.

2.4. Perspectives

Les enquêtes futures qui seront limitées aux exploitations partenaires en terme d'expérimentation ou de tests (soit 40 exploitations au total, Annexe 12.2) pourront se concentrer aux aspects spécifiques liés aux thématiques SCV. Nous avons retenu comme sujets d'approfondissement à poursuivre les techniques de contrôle de l'enherbement dont on a vu précédemment une généralisation de gestion intégrée des adventices par des moyens mécaniques (du travail du sol avant semis au buttage), manuels (sarclage des lignes de semis) et chimiques (matières actives spécifiques selon les cultures). Il apparaît ainsi que la charge occasionnée en temps de travaux manuels peut apparaître à ce titre un élément de discrimination dans l'efficacité des systèmes de culture à s'affranchir de ces contraintes. Il semble à ce dernier niveau d'échelle que l'effet rotation est déterminant dans la contrainte potentielle en pression en adventices et peut jouer à de nombreux niveaux :

- effets « plante de couverture » de céréales comme le sorgho (processus allélopathiques) et le mil (couverture très rapide du sol) ;
- complémentarité de programmes herbicides, comme par exemple diuron sur coton et atrazine sur maïs (le *Rottboellia* est bien maîtrisé par le premier mais pas par le second) .

Egalement avec une vision sur le maintien de la fertilité des sols sur le court, moyen et long termes, il devrait être précisé à l'échelle de l'exploitation les contraintes à la gestion de la fertilité organique des terres et au maintien d'un certain équilibre dans le bilan minéral des parcelles. En effet les derniers éléments actuellement disponibles sur les différenciations en cours au niveau des exploitations agricoles, montrent que ce sont les effectifs en troupeaux qui peuvent en partie déterminer les performances des exploitations (Djouara et al. 2005 ; Dufumier, 2005).

3. EXPERIMENTATION SCV EN MILIEU PAYSAN (PROTOCOLE N°10)

3.1. Introduction

Le choix des agriculteurs-collaborateurs s'est effectué dans chaque village après une première réunion de présentation en présence du chef de village des objectifs du Projet suivie de candidatures spontanées et de visites au champ.

Dans chaque village 2 agriculteurs ont été choisis soit au total 6 agriculteurs et 1 parcelle chacun de 1 hectare avec une présence minimale de résidus sur la parcelle (reliquats de céréales et d'adventices).

Le dispositif expérimental retenu a été de diviser la parcelle en 2 sous-blocs cultureux (1 en coton et 1 en céréale) et en 4 traitements répétés 2 fois, disposés aléatoirement (Figure 9). Ce choix est un compromis entre la nécessité d'être représentatif (rotation biennale), de proposer un minimum de diversité (3 SCV comparés à 1 traitement de la pratique paysanne du moment), de contrôler un minimum de variabilité du milieu (2 répétitions) et de mesures des temps de travaux (taille minimale d'une parcelle élémentaire de 625 m²). Ce type de dispositif offre également l'avantage d'être visuel pour les agriculteurs (convaincre à l'œil) et permettre un minimum de validation statistique (bien que cela ne soit pas essentiel dans une démarche de création d'innovation).

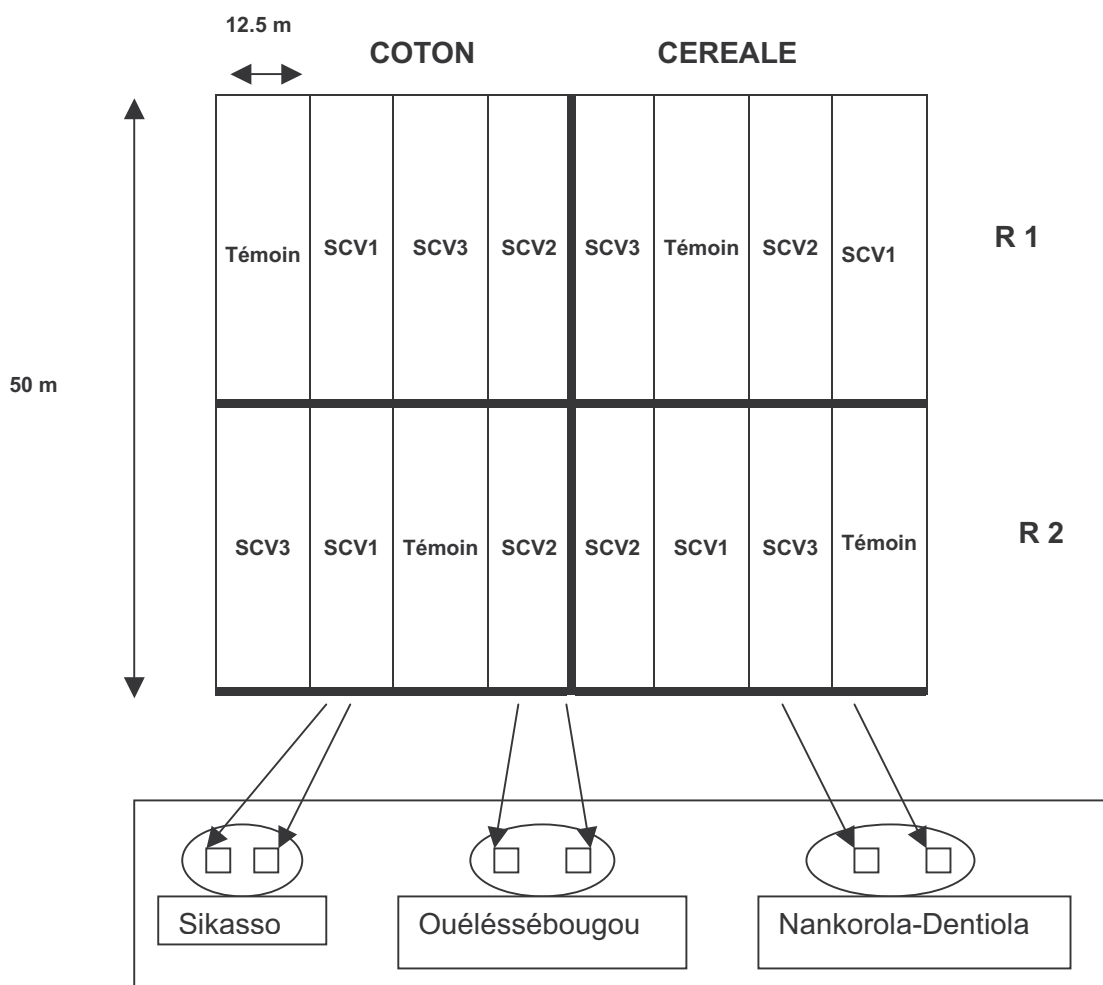


Figure 9. Schéma du dispositif en milieu réel contrôlé en 2005.

Tableau 17. Principes généraux des facteurs de différenciation entre les systèmes de culture testés sur 3 années.

Principaux facteurs de différenciation	Témoin	SCV1	SCV2	SCV3
Quantité de résidus	Nulle ou faible	Moyenne	Moyenne	Forte
Travail du sol avant semis	Pratique paysanne : labour ou scarifiage	Aucun	Aucun	Aucun
Gestion des mauvaises herbes (par ordre de priorité accordée)	Traction animale / Sarclage manuel / Herbicides habituels du paysan	Herbicides / Sarclage manuel ou buttage	Herbicides / complément arrachage manuel	Herbicides / complément arrachage manuel
Date de semis	Courante pour la région (début juin à fin juin)	Précoce (fin mai début juin)	Précoce (fin mai début juin)	Très précoce (début mai si possible)
Culture associée	Non ou avec exportation totale de la culture associée (niébé)	Non ou avec exportation totale de la culture associée (niébé)	Oui et avec une légumineuse partiellement ou non exportée	Oui et avec une graminée partiellement ou non exportée

Les principaux types de systèmes testés et leurs éléments de différenciation sont mentionnés dans le Tableau 17.

Le témoin correspond à la pratique de l'agriculteur concerné qui peut donc varier selon le choix et les moyens de l'agriculteur. La gestion de l'enherbement est laissée au libre choix de l'agriculteur, même le choix de l'herbicide.

Le SCV1 qui correspond à un premier degré d'innovations, n'inclut aucun changement important des pratiques si ce n'est que le semis-direct sans travail du sol et la conservation d'une quantité minimale de résidus sur la parcelle. Nous nous autorisons dans ce système le recours au buttage, seul travail du sol effectué. Il peut permettre, en cas d'une faible présence de résidus, d'éviter le recours à des traitements herbicides de post-levée ou en localisé, et d'assurer un meilleur contrôle des risques de verse. Cette pratique est parfois conseillée au Cameroun notamment quand la quantité de pailles sur la parcelle est négligeable (Naudin et Balarabé, 2004).

Le SCV2 correspond à un niveau d'innovation supérieur au SCV1 en insérant avec la céréale (voir le coton) une légumineuse dans la rotation ayant comme objet d'avoir la totalité ou une partie restituée au sol. La maîtrise technique de l'association céréale-légumineuse est déjà bien maîtrisée par les agriculteurs (notamment niébé associé au maïs).

Le SCV3 est le système le plus novateur en ce sens qu'il intègre dans l'association de culture avec la céréale une graminée qui a pour objet de produire un maximum de biomasse pour la culture de coton suivante.

Il s'agit bien à ce niveau d'expérimentation en milieu contrôlé de créer des innovations en partenariat en intégrant savoir-faire local et acquis extérieurs. Le risque dans la mise au point technique doit être un minimum partagé dans une démarche de partenariat.

3.2. Choix des traitements : la participation des agriculteurs ; les apports de la recherche

Dans les premiers choix techniques pour 2005 nous avons individuellement élaboré avec chaque agriculteur les options techniques qui définissent selon le Tableau 17 un minimum de pratiques de base à respecter communément :

- de ne jamais travailler le sol mis à part la confection des poquets lors du semis;

- d'apporter le même niveau de fertilisation sur tous les systèmes ;
- d'assurer une protection phytosanitaire optimale sur le coton (4 à 7 traitements en fonction du parasitisme) ;
- d'appliquer du diuron sur coton en prélevée et de l'atrazine sur maïs ;
- d'assurer le contrôle des adventices en postlevée par des applications de sélectifs, sur coton ou de contacts au cache.

Chaque agriculteur choisit la céréale entrant en rotation avec le coton. Les agriculteurs ont tous choisis en 2005 de:

- ne pas apporter de fumure organique sur les parcelles ;
- tester le semis-direct manuel au sommet de reliquats de billons.

L'équipe SCV a décidé en 2005 :

- d'associer à la céréale du *Mucuna pruriens* ou du *Brachiaria ruzisiensis* ;
- de tester l'effet de l'introduction de semences délintées et traitées pour améliorer la levée ;
- de rajouter des pailles importées sur un des SCV pour tester notamment l'effet de réduction de l'évapotranspiration du sol sur la levée.

Dans le Tableau 18 sont mentionnés les principaux itinéraires techniques qui ont été comparés sur coton. La variété utilisée a été la « Stam 59A » apportée par l'IER ; sur T1 (pratique paysanne) et T2 les semences seront gérées par les paysans ; sur T3 et T4, les semences sont délintées et traitées avec une association insecticide et fongicide. La quantité de semences prévue est de 30 kg/ha de semences non délintées. Sur T4 pour simuler la conservation de pailles dans le cadre d'une rotation de SCV céréale-coton (la céréale est censée laissée dans le cadre d'une culture associée avec une graminée fourragère), de la paille de brousse fine (dominée par les genres *Andropogon* et *Pennisetum*) sera apportée à raison au minimum de 2.5 T/ha pour une couverture du sol supérieure ou égale à 60%.

Tableau 18. Les itinéraires techniques comparés sur coton en 2005.

Pratique	Témoin	SCV1	SCV2	SCV3
Apport de fumier	Selon le choix de l'agriculteur			
Présence de pailles	Enlevées avant le labour	Pailles de céréales laissées dans les inter-billons ; parfois présence de résidus d'adventices		
Travail du sol avant semis	Labour ou scarifiage	Aucun	Aucun	Aucun
Traitement de semences	Non-délintées ; mélangées avec Néré, terre, bouse de vache	Non-délintées ; mélangées avec Néré, terre, bouse de vache	Délintées et traitées	Délintées et traitées
Paillage avant semis	Non	Non	Non	Rajout de paille de brousse au niveau du billon à la dose de 2.5 T/ha
Semis	Au semoir classique	Manuel	Manuel	Manuel
Fertilisation complexe	Dose vulgarisée : 150 kg de 14N 18P 18K S Bo	Dose vulgarisée : 150 kg de 14N 18P 18K S Bo		
Traitement herbicides	Non	Herbicide total : glyphosate à 1080 gr ma /ha); Herbicide de prélevée : diuron à 800 gr ma/ha Herbicide en post-levée : sélectif ou au cache si nécessaire		
Semis culture associée	Non			
Sarclage	Oui	Non		
Buttage				
Fertilisation urée	50 kg urée	50 kg urée		

La comparaison entre le témoin et le SCV1 permettra surtout de comparer l'effet du semis-direct (avec ou non un semis plus précoce). La comparaison entre SCV1 et SCV2 de tester l'effet du délintage et du traitement de semences associé. La comparaison entre SCV2 et SCV3 permettra de montrer l'effet d'une couverture optimale du sol.

Pour les céréales (Tableau 19), nous avons choisi de prendre la variété locale de sorgho qui diffère suivant les sites. Pour le maïs, les semences seront achetées au niveau de services de développement à partir de production de semences faites en milieu paysan contrôlé (composite « débagnuma ». Sur T2, T3, T4, les semences seront traitées avec une association insecticide et fongicide ; quantité de semences sur la base de 10 kg/ha pour le sorgho et de 25 kg/ha pour le maïs.

Sur céréales la comparaison entre le témoin et le SCV1 permettra de voir l'effet semis-direct, celle entre SCV1, et SCV2 et SCV3, de voir respectivement l'effet de la présence de cultures associées, *Mucuna spp.* ou *Brachiaria spp.*, sur la céréale.

Tableau 19. Les itinéraires techniques comparés sur céréales en 2005.

Pratique	Témoin	SCV1	SCV2	SCV3
Apport de fumier	Non			
Présence de pailles	Enlevées avant le labour	Laissées dans les inter-billons		
Travail du sol avant semis	Labour ou scarifiage ou semis-direct	Aucun	Aucun	Aucun
Semis	Au semoir classique ou à la main	Manuel	Manuel	Manuel
Fertilisation	Dose recommandée : Sur sorgho : 100 kg DAP + 50 kg d'urée Sur maïs : 100 kg complexe maïs +150 kg urée			
Traitement herbicides	Non	Herbicide total : glyphosate à 1080 gr ma /ha ; Herbicide de prélevée : atrazine à 1500 gr ma/ha Herbicide en post-levée : sélectif ou au cache si nécessaire		
Semis culture associée	Non		Mucuna cochinchinensis semé 30 jours après la céréale à raison de poquets de 2 à 3 graines tous les 50 cm	Brachiaria ruzisiensis semé en même temps que la céréale entre les rangs de la céréale à raison de poquets de 5 à 10 graines tous les 25 cm.
Sarclage	Oui	Non		
Buttage				
Fertilisation urée	Sur sorgho : 50 kg urée Sur maïs : 150 kg urée sur maïs			

Pour le *Brachiaria* la quantité de semences par hectare a été de 8 kg/ha et pour le *Mucuna* 100 kg/ha.

Un contrat a été présenté aux agriculteurs sous l'égide de la Chambre d'Agriculture. Elle précise notamment les responsabilités de chacun. Au cas où les résultats obtenus sont sur les systèmes SCV1, SCV2, SCV3 sont inférieurs au témoin paysan et après déduction faite de la fourniture des intrants réalisée par la recherche, il serait envisagé un dédommagement (Annexe 12.3).

Nous avons donc volontairement opté pour une démarche « participative ». Les choix culturels et les itinéraires testés sont sur SCV négociés avec les agriculteurs, en essayant d'intégrer peu à peu les améliorations tirées des expériences extérieures obtenues de pays plus avancés dans ces thématiques (notamment Cameroun) et de résultats obtenus en station.

3.3. Résultats

3.3.1. Rendements avec coton

Dans le Tableau 20 sont reportés les données sur les 6 parcelles d'expérimentation avec les rendements relevés, les densités à la récolte ainsi que le nombre moyen de capsules par pied. Pour les types d'itinéraires techniques réalisés on se reportera au Tableau 23.

Globalement peu de différences sont significatives (une seule avec le nombre de capsules / pied chez Niamafily), cela en relation avec l'hétérogénéité de départ et le fait que nous travaillons avec seulement 2 répétitions. Ces différences devraient s'estomper progressivement.

Chez Ousmane, les rendements moyens obtenus tournent autour de 1.7 T / ha de coton graines quelque soit le traitement. L'écart entre les dates de semis du témoin et des SCV sont faibles (un premier semis avait été tenté début juin mais avait complètement échoué suite à une période de sécheresse de 10 jours et cela malgré une levée). Les densités relevées ne montrent pas de différences entre les traitements.

Chez Niamafily, le rendement moyen du témoin est voisin de celui d'Ousmane (près de 1.8 T / ha de coton). Les semis en SCV ont été les mêmes que sur les témoins. Les rendements en SCV sont différenciés, légèrement inférieur pour SCV1 par rapport au témoin (-10%) et plus nettement pour SCV2 (-20%). Le SCV3 (avec présence de paillage) est plus productif que les autres SCV et le niveau de rendement obtenu est voisin à celui du témoin. Les densités observées sur SCV sont dans l'ensemble inférieures à celles observées sur le témoin.

Chez Oudiouma, le niveau de rendement du témoin se situe autour de 1 T / ha. C'est le SCV3 qui offre nettement un rendement plus élevé que tous les autres traitements, respectivement 1.5 t / ha contre 1 T / ha pour les autres traitements, soit une augmentation de rendement de +50%. Les SCV ont été semés 2 semaines environ avant le témoin. Les densités relevées ne montrent pas de différences majeures entre les traitements avec de plus faibles densités en moyenne sur le traitement SCV1.

Chez Mpan, le niveau de rendement du témoin se situe autour de 0.6 T / ha. C'est aussi le SCV3 qui offre un rendement plus élevé que tous les autres traitements, respectivement 1.1 T / ha contre 0.6 à 0.7 T / ha, soit un gain de rendement d'environ de +70%. Les semis des SCV ont été effectués 12 jours avant le témoin. Les densités relevées ne montrent pas de différences majeures entre les traitements.

Chez Adama, le niveau de rendement du témoin est très faible, autour de 0.2 T / ha. Tous les SCV ont un rendement supérieur au témoin avec des valeurs comprises entre 0.4 et 0.6 T / ha. La densité semble un plus élevé sur SCV. Les semis ont été effectués à la même date pour tous les traitements.

Chez Issa, le rendement du témoin se situe autour de 1 T / ha et les SCV offrent des rendements similaires. Les dates de semis ont été les mêmes et les densités à la récolte ont été meilleures sur le témoin.

3.3.2. Rendements avec céréales

Dans le Tableau 21 sont reportés les données sur les 6 parcelles d'expérimentation avec les rendements relevés, les densités à la récolte. Pour les types d'itinéraires techniques réalisés on se reportera au Tableau 23.

Globalement peu de différences sont significatives (une seule avec les densités de sorgho chez Adama), cela en relation avec l'hétérogénéité de départ et le fait que nous travaillons avec seulement 2 répétitions. Ces différences devraient s'estomper progressivement.

Chez Ousmane, le niveau de rendement du maïs a atteint sur témoin 2.8 T / ha et est nettement supérieur aux autres SCV. Le plus faible rendement a été obtenu avec le SCV1 et le plus élevé avec le SCV2. Les densités sont sur SCV toutes inférieures de 30% par rapport à celles du témoin (respectivement 20.000 pieds contre 30.000 pieds / ha). Les semis tardifs à la même date de tous les systèmes indiquent que plusieurs tentatives préalables d'implantation ont échoué, la première en raison d'une sécheresse prolongée après un semis début juin (comme pour le coton) et la deuxième suite à une levée d'adventices résistantes (*Rottboellia exaltata*) à l'herbicide de pré-émergence appliqué (à base d'atrazine). Ces complications ont fait que les 2 cultures associées se sont mal développées (voir Tableau 22).

Chez Niamafily, le niveau de rendement du maïs sur le témoin est de 2 T / ha et sur SCV entre 2.2 et 2.4 T / ha avec des dates de semis identiques et également tardives pour les mêmes raisons que chez Ousmane. Les densités sur SCV sont dans l'ensemble légèrement supérieures à celles du témoin. Les 2 cultures associées se sont mal développées (Tableau 22).

Chez Oudiouma, le niveau du sorgho sur le témoin est d'environ 0.8 T / ha. Sur SCV1 le rendement est de ce niveau, alors que sur SCV2 le rendement est nettement supérieur (1.2 T / ha) et d'environ 1 T / ha sur SCV3. Les densités de semis se situent entre 50.000 et 63.000 pieds / ha et les dates de semis sont voisines. Le plus fort rendement est obtenu pour la densité la plus forte (SCV2). Les 2 cultures associées se sont mal développées (Tableau 22).

Chez Mpan, le niveau de rendement du sorgho sur le témoin est d'environ 0.7 T / ha, sur SCV1 de 0.6 T / ha, et 0.4 T / ha sur SCV2 et SCV3. Le témoin semé à la même date que les SCV n'a fait l'objet d'aucun travail du sol (le semis-direct du sorgho est une pratique courante). Les densités relevées sont sur SCV2 et SCV3 pratiquement deux fois inférieures à celles du témoin et à SCV1 (globalement 50.000 pieds / ha contre 25.000 pieds / ha). Les 2 cultures associées se sont mal développées (Tableau 22).

Chez Adama, le niveau de rendement du sorgho sur le témoin se situe autour de 1.1 T / ha pour une densité de 64.000 pieds / ha. Les trois SCV ont des rendements inférieurs respectivement environ 0.8, 0.8 et 0.6 T / ha avec des semis plus précoces de 2 semaines que pour le témoin et des densités inférieures à lui. Le SCV3 a eu une bonne production de *Brachiaria ruzisiensis*, autour de 5.2 T / ha de MS.

Chez Issa, le niveau de rendement du maïs sur le témoin se situe autour de 1.5 T / ha. Les SCV semés dans la même période que le témoin ont des rendements sur SCV1, SCV2 et SCV3, respectivement de 1.1 T/ha, 1.5 T/ha et 0.6 T/ha. Les densités de semis varient environ entre 20.000 pieds / ha (Témoin, SCV1, SCV3) et 27.000 pieds / ha (SCV2). Le SCV3 a eu une bonne production de *Brachiaria ruzisiensis*, autour de 4.1 T / ha de MS.

3.3.3. Biomasse produite par les cultures hors récolte

Dans le Tableau 22, sont mentionnés les biomasses produites par les parties non récoltées (hors adventices) et qui seront préservées pour l'année prochaine (sauf pour les témoins).

A Fama les biomasses produites non exportées sont faibles entre 1.1 et 2 T / ha environ quel que soit le système et la culture.

A Dafara les biomasses produites non exportées sont plus importantes sur les parcelles de sorgho entre 2.8 et 6.3 T / ha et entre 0.4 et 1.1 T / ha pour le coton.

A Nankorola / Dentiola sur maïs les biomasses produites non exportées se situent entre 1.3 et 5.1 T / ha, pour le sorgho entre 4.2 et 8.3 T / ha et entre 0.2 et 0.9 T / ha pour le coton.

3.3.4. Temps de travaux sur coton et céréales

Dans les Tableaux 23 et 24 sont reportés les temps de travaux pour les principales opérations culturales pour chaque culture et chaque système pour les 6 agriculteurs. Les données mentionnées pour les récoltes ont été obtenues à partir de quelques mesures ponctuelles qui ont été généralisées proportionnellement à partir des quantités récoltées.

Les données sont mentionnées en jours / ha et par personne. Certaines variabilités sont liées à des interventions d'individus différents selon les systèmes. Mis à part quelques cas particuliers (temps de semis du maïs et du démarriage chez Niamafily sur SCV2 et SCV3 très élevés liés à un travail effectué par des groupes d'enfants), la variabilité des temps de travaux mesurés correspond à des forces de travail qui sont logiquement différenciées selon les individus.

Il est à préciser que généralement les semis du coton ont été réalisés au semoir attelé sur les témoins (entre 1 à 5 jours / ha) et à la main sur les SCV (entre 3 et 13 jours / ha), temps parfois plus élevé sur SCV3, car la présence de pailles ralentit le semis.

Pour les céréales les semis sur les témoins ont été généralement réalisés au semoir (entre 1 et 3 jours / ha) et à la main sur les SCV (entre 3 et 7 jours / ha).

En analysant sur le Tableau 23 les temps de travaux (hors récolte) obtenus sur coton nous remarquons que :

- Chez Ousmane des temps de travaux du témoin identiques (SCV1) ou inférieurs aux SCV (SCV2 et SCV3) ;
- Chez Niamafily des temps de travaux du témoin supérieurs (SCV1) ou inférieurs aux SCV (SCV2 et SCV3) ;
- Chez Oudiouma des temps de travaux du témoin supérieurs aux SCV ;
- Chez Mpan des temps de travaux du témoin légèrement inférieurs aux SCV ;
- Chez Adama des temps de travaux du témoin légèrement inférieurs aux SCV (SCV1 et SCV2) voir très largement inférieurs pour SCV3 ;
- Chez Issa des temps de travaux du témoin très nettement supérieurs aux SCV.

En analysant le Tableau 24 les temps de travaux (hors récolte) obtenus sur céréales nous remarquons que :

- Chez Ousmane des temps de travaux du témoin inférieurs aux SCV ;
- Chez Niamafily des temps de travaux du témoin identiques à ceux du SCV1 (les temps sur SCV2 et SCV3 ne sont pas fiables) ;
- Chez Oudiouma des temps de travaux du témoin peu différents des SCV (sauf pour le SCV2) ;
- Chez Mpan des temps de travaux du témoin supérieurs aux SCV ;

- Chez Adama des temps de travaux du témoin nettement inférieurs aux SCV sauf pour le SCV3 ;
- Chez Issa des temps de travaux du témoin peu différents des SCV (SCV1 et SCV2) ou nettement inférieur au SCV3.

Sur les Figures 10 et 11 sont reportés les temps de sarclage manuel sur coton et céréales. En effet cette donnée peut-être un critère important de discrimination des systèmes de culture, car cette opération culturale est à la fois contraignante en terme de pénibilité du travail, intervient à une période critique en terme de charge en travail (un sarclage d'une parcelle peut s'avérer nécessaire alors que les semis au niveau de l'exploitation ne sont pas achevés) et que tout retard d'intervention peut être préjudiciable à l'élaboration du rendement du coton comme des céréales.

En analysant la Figure 10 les temps de sarclage pour le coton nous constatons :

- Chez Ousmane des temps de sarclage supérieurs sur SCV par rapport au témoin ;
- Chez Niamafily des temps de sarclage similaires sur SCV (SCV1 et SCV3) ou supérieur au témoin (SCV2) ;
- Chez Oudiouma des temps de sarclage sur SCV inférieurs au témoin ;
- Chez Mpan des temps de sarclage sur SCV supérieurs au témoin ;
- Chez Adama des temps de sarclage sur SCV nettement supérieurs au témoin ;
- Chez Issa des temps de sarclage sur SCV nuls, et nettement inférieurs au témoin ;

En analysant la Figure 11 les temps de sarclage pour les céréales nous constatons :

- Chez Ousmane des temps de sarclage nettement supérieurs sur SCV par rapport au témoin ;
- Chez Niamafily des temps de sarclage similaires sur SCV (SCV1 et SCV3) ou supérieur au témoin (SCV2) ;
- Chez Oudiouma des temps de sarclage sur SCV similaires au témoin (SCV1 et SCV3) ou supérieur au témoin (SCV2) ;
- Chez Mpan des temps de sarclage sur SCV similaires ou légèrement inférieurs par rapport au témoin ;
- Chez Adama des temps de sarclage sur SCV nettement supérieurs au témoin ;
- Chez Issa des temps de sarclage sur SCV nettement supérieurs au témoin ;

3.3.5. Bilans économiques sur coton et céréales

Sur le Tableau 25 et les Figures 12 et 13 sont reportés les bilans économiques sur coton et céréales. Le coût des rajouts de pailles n'ont pas été mentionnés car nous avons simulé une situation où la conservation des résidus avait été préalablement faite au niveau de la parcelle (nous n'envisageons pas par la suite d'importation de résidus) ; le coût de 2.5 T / ha de pailles, peut s'estimer à environ 50.000 FCFA.

Les marges brutes ont été calculées en multipliant la production par le prix d'achat moyen au producteur. La marge nette est la différence entre la marge brute avec le coût des intrants (Annexe 12.4). Nous avons ensuite calculé la Valorisation de la Journée du Travail en divisant cette marge nette par le nombre total de jours par hectare (temps de récolte compris).

Sur coton (Tableau 25 et Figure 12) les marges nettes varient :

- à Fama entre 130.000 et 230.000 FCFA et ne montrent pas de différences notables entre les témoins et les SCV ;

- à Dafara entre 34.000 et 151.000 FCFA avec des montants similaires entre les témoins et les SCV1 et SCV2 et des montants bien plus élevés en SCV3 (+ 75% chez Oudiouma et + 300% chez Mpan) ;
- à Nankorola/Dentiola de fortes variations, de -39.000 FCFA (marge nette négative) à 104.000 FCFA avec des résultats moins mauvais sur SCV que sur le témoin chez Adama et équivalents (SCV2) ou inférieurs (SCV1 et SCV3) chez Issa.

Sur céréales (Tableau 25 et Figure 13) les marges nettes varient :

- à Fama entre 57.000 et 173.000 FCFA et ne montrent pas de différences notables entre les témoins et les SCV chez Niamafily alors que chez Ousmane les marges nettes du témoin sont nettement supérieures à celles des SCV ;
- à Dafara entre -31.000 et 39.000 FCFA avec des montants soit similaires entre les témoins et les SCV, soit légèrement supérieurs sur les témoins par rapport aux SCV ;
- à Nankorola/Dentiola des marges nettes comprises entre -12.000 et 77.000 FCFA, supérieures sur témoins par rapport aux SCV, avec des marges nettes négatives du SCV3 chez Adama et chez Issa.

Les Valorisations de la Journée du Travail (VJT) mentionnées dans le Tableau 25 varient sur coton entre -1173 et 1748 FCFA et celles des céréales entre -1288 et 3095 FCFA.

Nous remarquons que sur coton les VJT sont entre témoin et SCV sont du même niveau chez Ousmane, Niamafily et Issa, alors que les VJT sur SCV ont tendance à être toutes supérieures au témoin chez Oudiouma, Mpan et Adama.

Sur céréales les VJT ont tendance à être supérieures sur les témoins par rapport aux SCV.

Tableau 20. Synthèse des rendements obtenus en coton (variété Stam 59A) en expérimentation SCV ; 2 répétitions par traitement ; parcelle élémentaire de 580 à 840 m².

Zone	Sikasso (Fama)						Ouélessébougou (Dafara)						Koutiala (Nankorola/Dentiola)											
Agriculteur	Ousmane Diarra			Niamafily Dembélé			Oudiouma Traoré			Mpan Samanké			Adama Coulibaly			Issa Malé								
Traitement	Tem	SCV1	SCV2	SCV3	Tem	SCV1	SCV2	SCV3	Tem	SCV1	SCV2	SCV3	Tem	SCV1	SCV2	SCV3	Tem	SCV1	SCV2	SCV3				
Date semis principale	23/6	20/6			22/6			17/6	4/6			17/6	5/6			16/6			18/6	11/6 au 16/6				
Date récolte principale	22/10			6/11			11/10			29/10			15/11			8/11								
Nombre de capsules moyen / pied	9.7	10.1	7.2	8.7	5.1 b	7.4 a	6 ab	7 ab	6.1	9	9.2	9	5	4.7	6.2	7.8	2.4	4.1	5.1	4.3	6.8	7.2	8.5	7.4
Rendement kg / ha	1750	1980	1860	1670	1780	1590	1390	1760	960	1050	1120	1480	620	770	660	1120	220	420	600	610	1040	930	1190	1060
Densité pieds / ha	33900	45950	41780	32580	73260	40760	46440	48830	40250	29510	37730	38450	36410	34793	29920	34950	36713	29628	34066	40211	43522	37033	33195	31142
Tem : la pratique de l'agriculteur ; SCV1 : semis-direct sans traitement de semences ; SCV2 : semis-direct avec traitement de semences (délintage + enrobage fongicide et insecticide ; SCV 3) ; SCV2 + paillage importé (en moyenne 3 tonnes / ha de MS) ; sur SCV1, SCV2 la quantité de résidus présents spontanément sur la parcelle était différente et non contrôlée (entre 1 à 3 T MS / ha) et une couverture du sol < 30% ; sur SCV3 un rajout de pailles importées a été effectué (entre 3 à 5 T MS / ha), soit au total 4 à 8 T MS / ha et une couverture du sol > 70% ; 2 valeurs affectées de la même lettre sont significativement différentes au seuil de 5%.																								

Tableau 21. Synthèse des rendements obtenus en céréales en expérimentation SCV ; 2 répétitions par traitement ; parcelle élémentaire de 580 à 840 m².

Zone	Sikasso (Fama)						Ouélessébougou (Dafara)						Koutiala (Nankorola/Dentiola)					
Agriculteur	Ousmane Diarra Maïs blanc Demaniouma			Niamafily Dembélé Maïs blanc Demaniouma			Oudiouma Traoré Sorgho Folomba			Mpan Samanké Sorgho Folomba			Adama Coulibaly Sorgho			Issa Malé Maïs blanc Demaniouma		
Traitement	Tem	SCV1	SCV2	SCV3	Tem	SCV1	SCV2	SCV3	Tem	SCV1	SCV2	SCV3	Tem	SCV1	SCV2	SCV3	Tem	SCV1
Date semis principale	11/7			12/7			16/6	15/6			16/6			17/6	2/6			17/6
Date récolte principale	15/10			8/10			16/11			1/12			31/10			1/10		
Rendement kg / ha	2880	1550	2160	1890	2045	2200	2480	2190	850	890	1220	980	680	600	400	370	1130	780
Densité pieds / ha	30820	20360	18350	20430	25290	33670	29350	26470	51000	53100	63470	50100	44990	53310	26810	25630	64360 a	42520 b
Tem : la pratique de l'agriculteur ; SCV1 : semis-direct sans culture associée ; SCV2 : semis-direct avec semis de <i>Mucuna pruriens</i> 45 (JAS) Jours Après Semis ; SCV3 : semis-direct avec semis de <i>Bracharia ruziziensis</i> en simultané ; SCV1, SCV2 et SCV3, la quantité de résidus présents spontanément sur la parcelle était différente et non contrôlée (entre 1 à 3 T MS / ha) ; 2 valeurs affectées de la même lettre sont significativement différentes au seuil de 5%.																		
																	19920	21240
																	27210	19870

Tableau 22. Evaluation de la production de biomasse non exportées (hors adventices) en expérimentation SCV ; 2 répétitions par traitement ; parcelle élémentaire de 580 à 840 m².

Zone	Sikasso (Fama)						Ouélessébougou (Dafara)						Koutiala (Nankorola/Dentiola)					
Agriculteur	Ousmane Diarra (Coton/Maïs)			Niamafily Dembélé (Coton/Maïs)			Oudiouma Traoré (Coton/Sorgho)			Mpan Samanké (Coton/Sorgho)			Adama Coulibaly (Coton/Sorgho)			Issa Malé (Coton/Maïs)		
Traitement	Tem	SCV1	SCV2	SCV3	Tem	SCV1	SCV2	SCV3	Tem	SCV1	SCV2	SCV3	Tem	SCV1	SCV2	SCV3	Tem	SCV1
Coton T MS / ha	1.50	1.78	1.68	1.58	1.65	1.40	1.12	1.51	0.70	0.90	0.95	1.18	0.40	0.60	0.52	0.90	0.25	0.35
Céréales T MS / ha	1.94	1.59	1.37	1.69	1.60	1.86	1.98	2.00	6.63	6.17	6.85	5.61	6.38	4.16	4.18	2.85	6.41	4.23
Avec céréales culture associée T MS / ha	non	non	faible	faible	non	non	faible	faible	non	non	faible	faible	non	non	faible	faible	non	non

Avec Coton et Céréales : Tem : la pratique de l'agriculteur ; Avec Céréales : SCV1 : semis-direct sans culture associée ; SCV2 : semis-direct avec semis de *Mucuna pruriens* 45 (JAS) Jours Après Semis ; SCV3 : semis-direct avec semis de *Brachiaria ruziziensis* en simultané.

Tableau 24. Temps de travaux sur céréales en jours /ha (1 journée de travail = 6 heures).

Zone	Sikasso (Fama)				Ouéliessébougou (Dafara)				Koutiala (Nankorola/Dentiola)			
	Ousmane Diarra (Coton/Maïs)		Niamafily Dembélé (Coton/Maïs)		Oudiouma Traoré (Coton/Sorgho)		Mpan Samanké (Coton/Sorgho)		Adama Coulibaly (Coton/Sorgho)		Issa Malé (Coton/Maïs)	
	Tem	SCV1	SCV2	SCV3	Tem	SCV1	SCV2	SCV3	Tem	SCV1	SCV2	SCV3
Travail du sol	labP	non	non	non	non	non	non	non	non	non	non	non
	6.6	0.0	0.0	0.0	4.6	0.0	0.0	0.0	2.3	0.0	0.0	8.0
Herbicide avant semis.	non	pulv.	pulv.	non	non	non	non	non	non	non	non	0.0
	0.0	0.5	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Semis	sem.	man.	man.	man.	sem.	man.	man.	man.	sem.	man.	man.	man.
	2.4	5.4	6.9	3.9	1.3	7.1	17.6	39.7	1.9	4.7	4.6	5.3
Herbicide de prélevée	pulv.	pulv.	pulv.	pulv.	non	handy	handy	handy	handy	handy	handy	handy
	3.0	1.0	0.9	1.0	0.6	1.0	1.1	1.3	0.0	0.7	0.7	0.7
Re-semis	man.	man.	man.	man.	man.	man.	man.	man.	man.	man.	man.	man.
	5.6	7.6	10.5	11.0	2.1	0.0	0.0	0.0	1.8	2.0	1.9	1.1
Démarriage	manu	manu	manu	manu	manu	manu	manu	manu	manu	manu	manu	manu
	0.0	4.4	4.3	4.8	2.2	7.3	14.9	12.2	0.0	0.0	0.0	0.0
Herbicide de post-levée	non	non	non	non	non	non	non	non	non	non	non	non
	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Sarclage 1	scar.	non	non	non	scar.	non	non	non	scar.	non	scar.	non
	2.4	0.0	0.0	0.0	5.6	0.0	0.0	0.0	2.5	0.0	0.0	0.0
Sarclage 2	man.	man.	man.	man.	man.	man.	man.	man.	man.	man.	man.	man.
	2.9	14.3	10.6	12.4	6.7	5.1	9.6	5.1	13.9	13.6	27.5	16.0
Fertilisation 1	comp.	comp.	comp.	comp.	comp.	comp.	comp.	comp.	DAP/urée	DAP	DAP	DAP
	0.5	3.0	3.4	1.4	2.2	2.4	3.8	3.7	1.6	1.2	1.2	1.3
Fertilisation 2	urée	urée	urée	urée	urée	urée	urée	urée	urée	urée	urée	urée
	1.9	2.4	3.8	2.7	0.3	2.3	1.3	2.3	0.0	1.2	1.0	1.0
Buttage	c.but.	non	non	non	c.but.	non	non	non	c.but.	non	non	non
	1.7	0.0	0.0	0.0	1.3	0.0	0.0	0.0	4.2	0.0	0.0	0.0
Récolte	man.	man.	man.	man.	man.	man.	man.	man.	man.	man.	man.	man.
	28.8	15.5	21.6	18.9	20.5	22.0	24.8	21.9	16.9	17.8	24.4	19.6
Total hors récolte	27.0	38.6	40.9	37.7	26.4	25.2	48.3	64.3	28.7	23.2	37.0	26.2
	55.8	54.1	62.5	56.6	46.9	47.2	73.1	86.2	45.6	41.0	61.4	45.8
Total avec récolte	labP	labP	labP	labP	labP	labP	labP	labP	labP	labP	labP	labP
	32.4	32.4	32.4	32.4	32.4	32.4	32.4	32.4	32.4	32.4	32.4	32.4
labP = labour à plat ; scar = scarifiage ; scaC = semoir attelé ; man.= travail manuel ; pulv.= pulvérisateur herbicide à dos 15/16 l. ; handy = pulvérisateur herbicide à très bas-volume ; ULVA = pulvérisateur ultra bas volume ; comp. = engrais complexe ; DAP = engrais di-ammonium phosphate ; c.but = corps butteur	48.1	48.1	48.1	48.1	48.1	48.1	48.1	48.1	48.1	48.1	48.1	48.1
	50.1	50.1	50.1	50.1	50.1	50.1	50.1	50.1	50.1	50.1	50.1	50.1
labP = labour à plat ; scar = scarifiage ; scaC = semoir attelé ; man.= travail manuel ; pulv.= pulvérisateur herbicide à dos 15/16 l. ; handy = pulvérisateur herbicide à très bas-volume ; ULVA = pulvérisateur ultra bas volume ; comp. = engrais complexe ; DAP = engrais di-ammonium phosphate ; c.but = corps butteur	44.5	44.5	44.5	44.5	44.5	44.5	44.5	44.5	44.5	44.5	44.5	44.5
	53.7	53.7	53.7	53.7	53.7	53.7	53.7	53.7	53.7	53.7	53.7	53.7

**Tableau 25. Bilans économiques sur les parcelles d'expérimentation SCV ;
2 répétitions par traitement ; parcelle élémentaire de 580 à 840 m².**

Zone	Sikasso (Fama)								Ouélessébougou (Dafara)								Koutiala (Nankorola/Dentiola)							
Agriculteur	Ousmane Diarra (Coton/Maïs)				Niamafily Dembélé (Coton/Maïs)				Oudiouma Traoré (Coton/Sorgho)				Mpan Samanké (Coton/Sorgho)				Adama Coulibaly (Coton/Sorgho)				Issa Malé (Coton/Maïs)			
	Tem	SCV1	SCV2	SCV3	Tem	SCV1	SCV2	SCV3	Tem	SCV1	SCV2	SCV3	Tem	SCV1	SCV2	SCV3	Tem	SCV1	SCV2	SCV3	Tem	SCV1	SCV2	SCV3
Traitement																								
Marge brute coton en milliers de FCFA	280	316	297	267	284	254	222	281	153	168	179	236	99	123	105	179	35	67	97	97	166	148	190	169
Coûts intrants coton en milliers de FCFA	80	88	88	88	83	91	91	91	74	85	85	85	74	85	85	85	74	85	85	85	62	85	85	85
Marge nette coton en milliers de FCFA	199	228	209	178	201	162	130	190	79	82	93	151	24	37	20	93	-39	-18	10	12	103	63	104	84
Valorisation Journée Travail coton en FCFA	1663	1748	1572	1402	1554	1417	1131	1434	829	693	919	1255	420	490	317	1058	-1173	-368	191	174	1275	992	1545	1314
Marge brute céréales en milliers de FCFA	216	116	162	141	153	165	186	164	72	75	103	83	57	51	34	31	96	66	71	54	112	89	117	46
Coûts intrants céréales en milliers de FCFA	43	59	59	59	43	59	59	59	42	65	65	65	49	65	65	42	42	65	65	65	36	59	59	59
Marge nette céréales en milliers de FCFA	173	57	103	83	110	106	127	105	31	11	39	18	9	-14	-31	-10	55	1	7	-11	77	30	58	-12
Valorisation Journée Travail céréales en FCFA	3095	1060	1650	1464	2347	2248	1739	1222	674	262	632	402	244	-523	-1288	-455	1266	33	135	-324	1537	682	1082	-330

Sarclage manuel sur coton

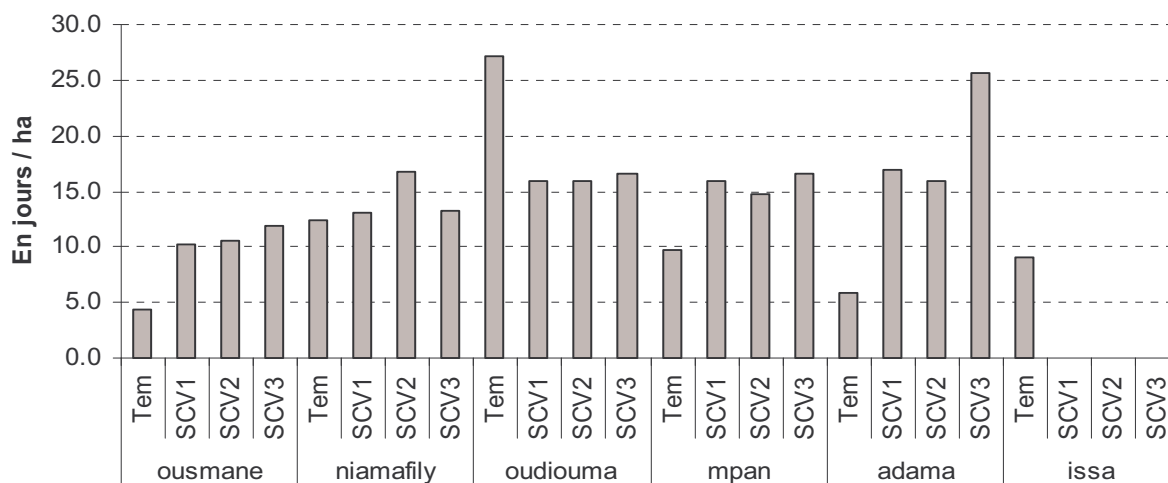


Figure 10. Temps de travaux sur coton au sarclage manuel
(en jours / ha ; 1 journée = 6 heures) en expérimentation SCV ; 2 répétitions par traitement ; parcelle élémentaire de 580 à 840 m².

Sarclage manuel sur céréales

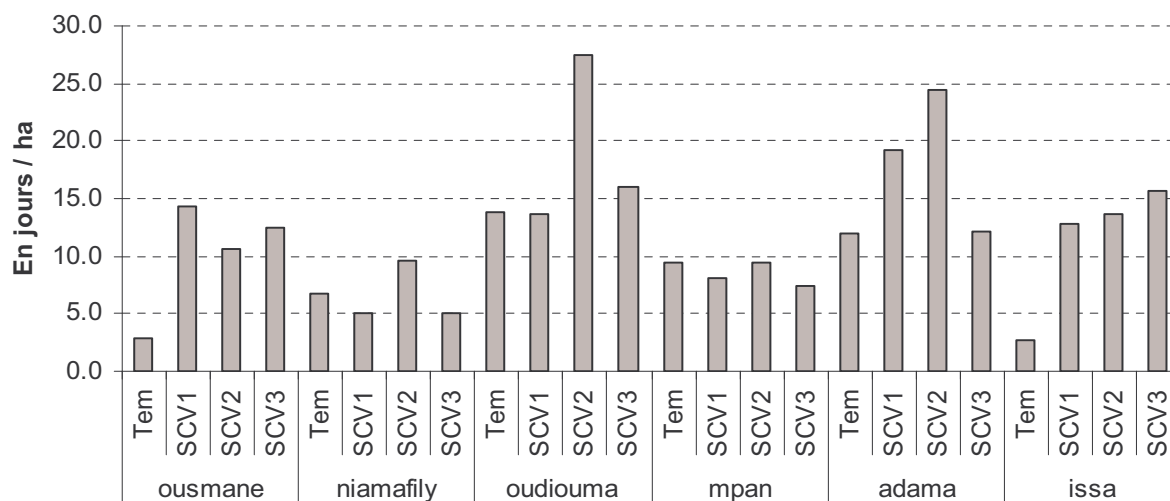


Figure 11. Temps de travaux sur céréales au sarclage manuel
Temps de travaux sur céréales hors récolte (en jours / ha ; 1 journée = 6 heures) en expérimentation SCV ; 2 répétitions par traitement ; parcelle élémentaire de 580 à 840 m².

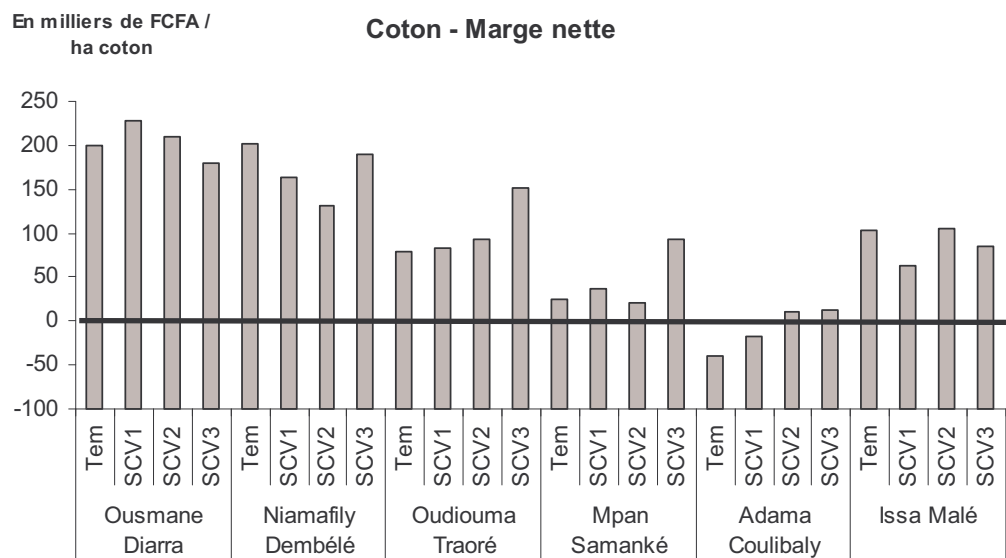


Figure 12. Marge nette (vente-intrants) sur coton (160 FCFA / kg coton graine) en expérimentation SCV ; 2 répétitions par traitement ; parcelle élémentaire de 580 à 840 m².

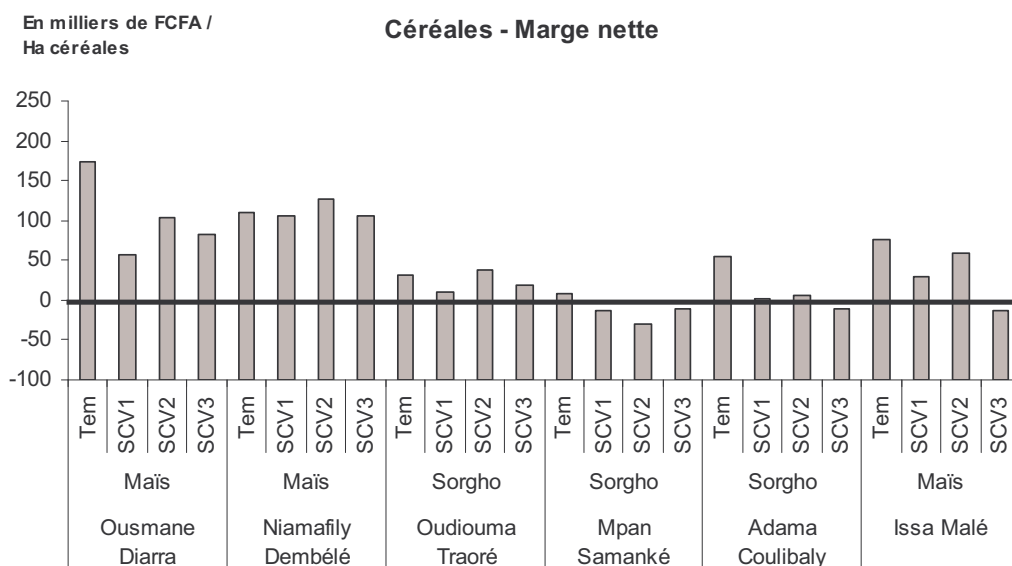


Figure 13. Marge nette (vente-intrants) sur céréales (75 FCFA / kg maïs ; 85 FCFA / kg sorgho ; 95 FCFA / kg mil) en expérimentation SCV ; 2 répétitions par traitement ; parcelle élémentaire de 580 à 840 m².

3.3.6. Composantes de rendement sur coton et céréales

L'utilisation de placettes de rendement où un minimum de données est mesuré peut être riche en enseignements et faire l'objet d'analyses multivariées. Cette année nous n'avons pas pu mesurer de nombreux facteurs culturaux tels que la quantité de pailles au semis, l'évolution de l'enherbement, Nous avons reporté pour le coton la simple relation entre les densités mesurées à la récolte et le rendement obtenu en coton graines (Figure 14). On constate chez les 6 agriculteurs une tendance plus ou moins nette, à une relation linéaire entre ces deux variables pour une gamme de densités comprise entre 10.000 et 90.000 pieds / ha.

Sur céréales nous avons constaté sur SCV une tendance à la verse notamment pour la culture de maïs qui est plus forte que sur le témoin. Cette verse semble négligeable pour le sorgho (Figure 15).

Pour le maïs il existe également une relation assez nette chez les 3 agriculteurs concernés entre densités de pieds à la récolte et rendement en kg / ha pour une gamme de densités comprise entre 10.000 et 50.000 pieds / ha (Figure 16).

Pour le sorgho la relation entre densités et rendement s'exprime également chez les 3 agriculteurs concernés pour une gamme de densités compris entre 20.000 et 80.000 pieds / ha (Figure 16).

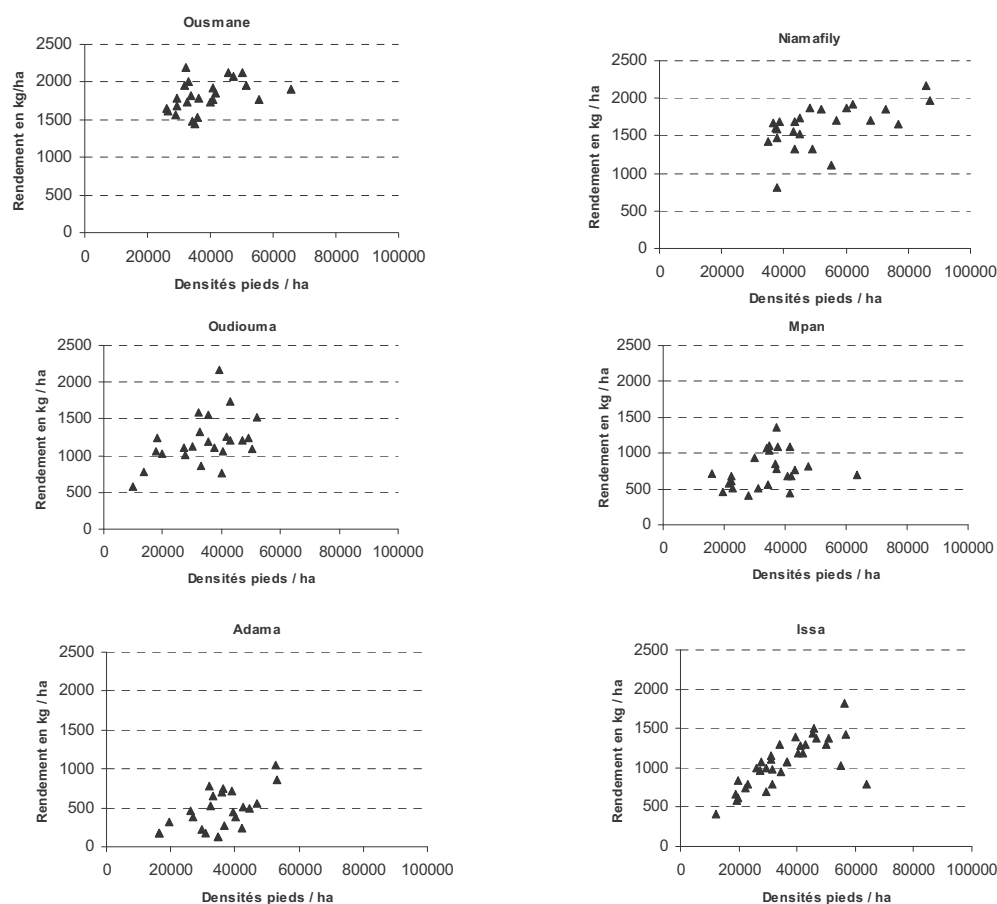


Figure 14. Effet de la densité à la récolte sur le rendement en coton graines sur les différentes parcelles expérimentales (tous traitements confondus ; mesures faites les 3 lignes de récolte par parcelle).

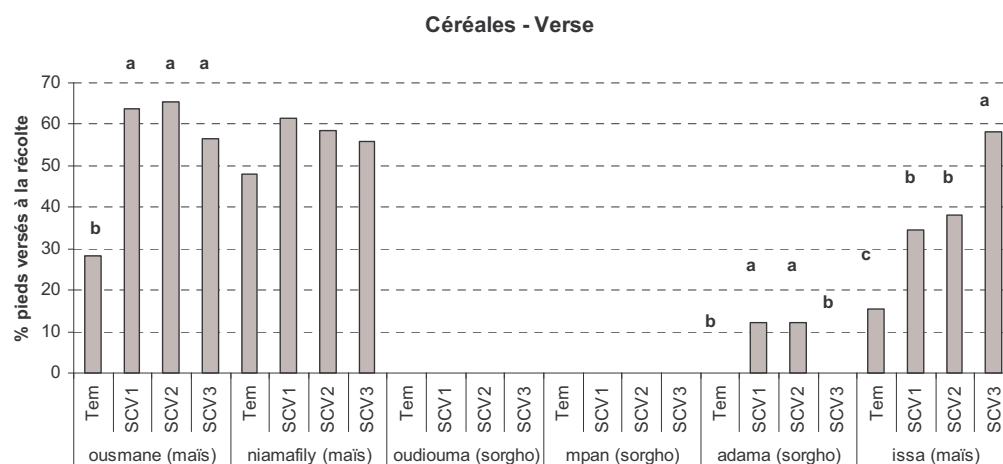


Figure 15. Effet des systèmes de culture testés sur la verse de la céréale (maïs ou sorgho) ; 2 répétitions par traitement ; 2 valeurs affectées de la même lettre ne diffèrent pas statistiquement.

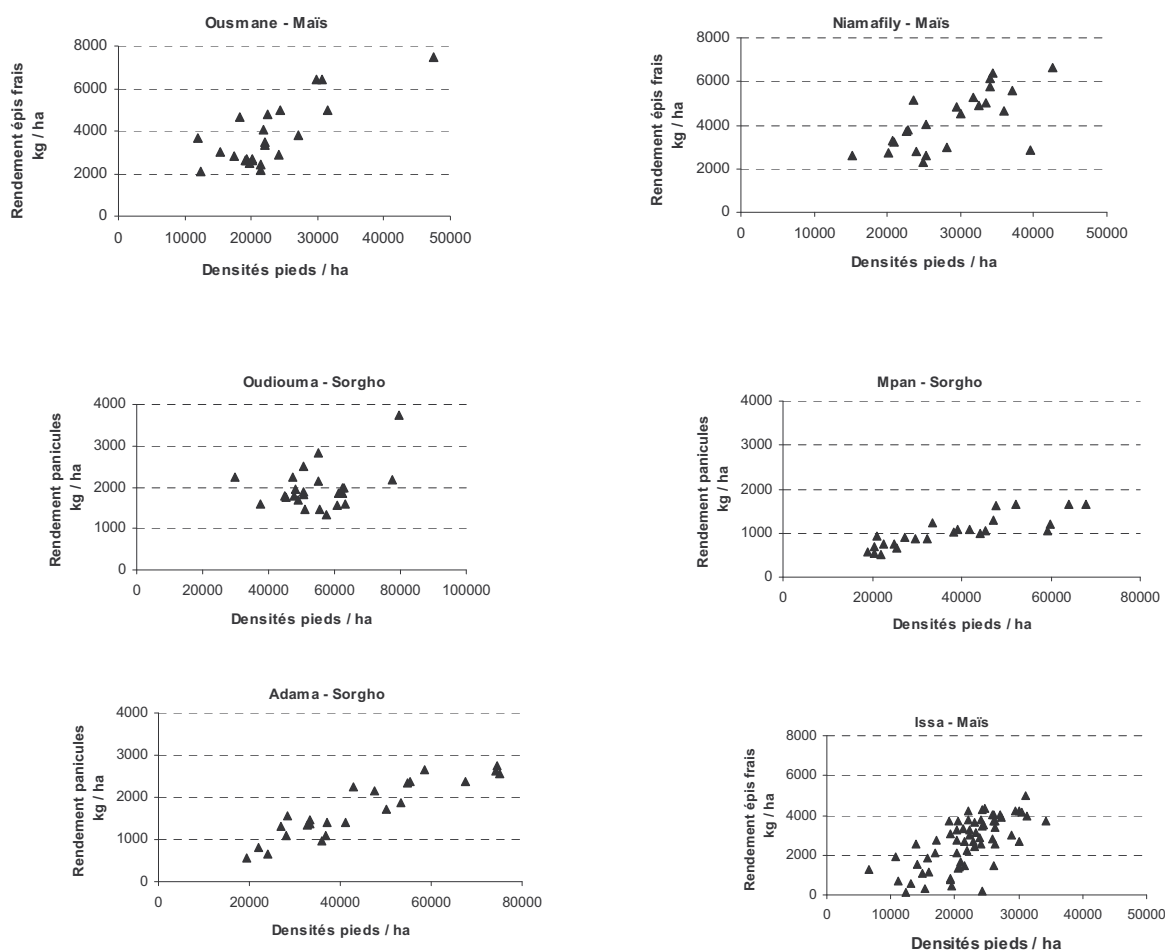


Figure 16. Effet de la densité à la récolte sur le rendement en céréales au champ (épis frais pour le maïs et panicules pour le sorgho) sur les différentes parcelles expérimentales (tous traitements confondus ; mesures faites les 3 à 6 lignes de récolte par parcelle).

3.4. Discussion

Pour cette première année d'expérimentation sur SCV sur les systèmes à base de coton nous avons obtenu des résultats intéressants sur coton grâce notamment à certains acquis techniques qui avaient été obtenus au Cameroun comme l'utilisation du diuron en herbicide de prélevée (Naudin et Balarabe, 2003 et 2004). Au Mali la disponibilité de cette matière active et le fait que ce produit fasse l'objet de publicité « grand public » est un atout supplémentaire nous permettant de préconiser en SCV cette matière active. Elle s'avère particulièrement efficace sur les principales adventices utilisées (dont *Rottboellia exaltata*) et en même temps très économique (c'est certainement au Mali actuellement l'herbicide le moins coûteux sur coton ; 8000 FCFA/ha). Il semble curieusement encore peu utilisé et relativement peu connu peut-être en raison d'une commercialisation sous sa forme de petits sachets granulés qui est moins « palpable » pour les agriculteurs qui ont tendance à relier le prix au poids. Cette formulation en granulés comporte moins de risque sanitaire.

Sur coton aucun effet de l'association du délintage et du traitement de semences n'a pu être mis en évidence par rapport à l'utilisation de semences non-délintées et prétraitées à la « façon paysanne » pour pouvoir être semées. Cela indiquerait notamment que la pression parasitaire à la levée sur coton soit relativement faible. Turini (2005) précise sur cette campagne en expérimentation en milieu réel, un effet positif du délintage sur la levée en situation d'humidité satisfaisante et aucun effet significatif en période de pluviométrie limitante.

Globalement les résultats sur coton en SCV sont satisfaisants même en l'absence de quantités suffisantes de résidus. Cependant ce sont les traitements qui associent semis précoce et couverture optimale du sol qui permettent les gains de rendement et de productivité les plus importants (comme à Dafara avec le SCV3).

Sur céréales les résultats obtenus sur SCV ont été globalement inférieurs aux systèmes de culture avec des pratiques conventionnelles. Ceci est notamment lié aux difficultés de gestion des flores graminéennes qui sont largement dominantes dans les céréales cultivées. Ainsi à Fama, la présence de fortes levées de *Rottboellia exaltata* a compromis un semis précoce du maïs et a rendu compliqué la gestion de l'enherbement avec des moyens strictement chimiques.

Les problèmes de verse sur maïs ont également joué en défaveur des systèmes SCV. Ils sont à notre avis surtout liés au fait d'avoir cette année semé au sommet du billon.

Il est également apparu en cas de semis simultané du *Brachiaria ruzisiensis* dans la céréale un effet dépressif de la plante fourragère sur la production en grain de la céréale. Cette option avait été choisie de manière à assurer un bon démarrage du *Brachiaria*. Nous verrons plus loin que des décalages des semis permettraient d'éviter ce type de compétition. Toutefois avec le maïs il semble confirmé que l'apport de fertilisants (largement pratiqué par les agriculteurs) diminue notablement la compétition interspécifique.

Concernant le coton et les céréales, il est globalement apparu que les faibles rendements parfois observés pouvaient en partie provenir de faibles densités à la récolte. Il conviendrait de mieux maîtriser ce facteur à la fois sur systèmes conventionnels et sur SCV.

3.5. Perspectives

Pour les 4 des 6 parcelles d'expérimentation nous veillerons à une protection totale des résidus : à Fama et à Nankorola-Dentiola, les parcelles seront protégées par des barbelés puis par des haies vives à base de *Ziziphus mucronata* enrichie d'espèces fruitières (*Ziziphus mauritiana*, citronniers, anacardiens, de manière à pérenniser un référentiel minimal sur l'effet SCV avec une protection totale contre la divagation.

Les enseignements de cette année (enquêtes et expérimentations) ont été riches et ils permettront de diversifier les choix techniques qui devront être proposés aux agriculteurs. Le fait de commencer dès maintenant à choisir les parcelles 2006 qui passeront en SCV de 6 à 40 permettra de s'assurer d'une meilleure protection des résidus sur la parcelle et de s'assurer de semis précoces, qui devraient permettre d'améliorer les niveaux de rendement qui ont été globalement peu satisfaisants en 2005.

Parmi les nouvelles pratiques qui seront abordées l'année prochaine notons :

- la conservation des résidus de coton ;
- la conservation des résidus de céréales sur la parcelle ;
- les traitements insecticides raisonnés sur cotonniers (traitements sur seuil) ;
- le semis-direct en traction animale soit avec épandage d'engrais localisé et des semences délintées, soit avec des semoirs locaux transformés (semences non-délintées) ;
- des semis à densité plus élevée associés ou non avec des régulateurs de croissance pour le cotonnier ;
- l'apport de fumier sans labour ;
- l'introduction de rotations nouvelles (exemple coton/riz pluvial), l'association du mil et du sorgho au maïs ;
- l'association du niébé au sorgho, du sorgho ou du mil au maïs ;
- le semis-direct dans les inter-billons ;
- le buttage des SCV.

Toutes ces techniques seront négociées avec les agriculteurs et répondre à leurs contraintes spécifiques au niveau de leur exploitation agricole : logique d'intensification des terres, d'économie de main d'œuvre, de production fourragère,

Il apparaît également important d'augmenter la gamme de cultures associées à la culture de maïs qui se prête bien à l'association culturale : cycle court, fermeture incomplète du système végétatif. Ces pratiques traditionnelles (Annexe 13.3), qui ont eu tendance à disparaître avec la culture attelée, pourraient dans le cadre de SCV, où l'interligne n'est plus mécaniquement travaillée, retrouver une justification. Nous proposerons aux agriculteurs en plus du *Brachiaria ruziziensis* et du *Mucuna cochinchinensis* ou *pruriens*, d'associer des céréales traditionnelles comme le mil et le sorgho. Egalement le niébé pourrait être proposé en remplacement du *Mucuna* mais avec l'option de voir une grande partie de sa biomasse exportée pour être valorisée comme fourrage (pratique assez fréquente).

4. EXPERIMENTATION SUR LES SYSTEMES DE CULTURE EN SEMIS-DIRECTS SUR COUVERTURE VEGETALE EN STATION (PROTOCOLES 6, 7, 8 ET 9).

4.1. Introduction

Au Mali, les expérimentations entreprises en zone cotonnière pour maintenir durablement l'agriculture ont porté essentiellement sur l'entretien du statut organique des sols par application de fumure organique. Les techniques proposées ont permis d'apporter des solutions durables qui puissent être appliquées à court terme par les agriculteurs, mais ces recommandations ne peuvent pas être appliquées à la grande majorité d'agriculteurs qui disposent souvent de quantités limitées en fumure organique. Ces techniques sont par ailleurs très exigeantes en terme de travail. Ainsi le recours à une fertilisation organique produite *in-situ* par l'application de nouveaux modes de gestion, intégrant des plantes le plus souvent fourragères, mérite d'être testée pour la zone cotonnière. Ces systèmes créés au départ par des agriculteurs du milieu tropical ont été soutenus par de nombreuses institutions de recherche et de développement.

L'alimentation hydrique est très souvent le facteur principal limitant du rendement des céréales et du cotonnier en zone sahélienne (Debaeke and Aboudrare, 2004; Personne et al., 2003). Il est nécessaire de raisonner les techniques culturales en fonction du risque climatique. Pour cela, des expérimentations en station ont été conduites sur deux sites : Farako et Finkolo. Deux essais pérennisés avec différentes rotations ont été implantés un à Farako (coton/maïs) et l'autre à Finkolo (coton/sorgho). Aucun référentiel technique n'existe sur l'effet des modes de gestion des sols sous système SCV dans le cadre de la culture cotonnière au Mali. Les systèmes de culture testés sont identiques à ceux mis en milieu paysan. En première année de SCV il a été fait recours à des techniques simples comme le paillage avec des résidus de récolte ou de la paille importée. Des expérimentations associant des cultures fourragères ont été faites avec des céréales pour permettre une augmentation de la biomasse produite par parcelle. Les années suivantes, les résidus seront totalement ou majoritairement laissés sur la parcelle. Pour la conduite de ces expérimentations, des comparaisons itinéraires techniques préconisés ont été faites avec ceux pratiqués des producteurs. En station ces dispositifs doivent permettre de mieux affiner la compréhension de certains phénomènes et de devenir des vitrines de l'offre technique sur les SCV dans les conditions du sud Mali.

Les SCV bien conduits sont supposés remplacer le travail du sol à la traction animale (labour ou scarifiage) sans perte de rendement pour le coton ou la céréale suivante. Ces avantages ne seront réels et effectifs qu'avec la présence d'un minimum de résidus de récolte sur les parcelles permettant une meilleure conservation de l'humidité au niveau du sol (Fabrizzi, 2005). Associés à la présence de résidus, les dates de semis pourront être plus précoces qu'en systèmes travaillés.

L'objectif de ces expérimentations est de comparer différents systèmes de culture permettant d'étudier au niveau de la parcelle les potentialités d'amélioration des bilans hydriques et minéraux par différents systèmes à couvertures végétales en comparaison avec les pratiques courantes en zone cotonnière du sud Mali (labour et scarifiage). Ces hypothèses d'augmentation des conditions de croissance sont censées améliorer la productivité des cultures, tant aériennes que racinaires.

4.2. Les systèmes testés sur les rotations coton / sorgho et coton / maïs

Pour les 4 essais, le dispositif expérimental choisi est un split plot à 2 facteurs avec 4 répétitions.

Le premier facteur est le niveau de fertilisation avec 2 niveaux, F1 et F2 (Tableau 26). F1, correspond au niveau moyen utilisé en milieu paysan ; F2 correspond à un niveau de fertilité maximal censé lever tout problème de déficience organo-minérale et s'approcher d'un potentiel climatique pour la variété en question.

Tableau 26. Les niveaux de fumure appliqués sur coton à Farako et Finkolo en 2005.

Traitements	F1 (moyenne)	F2 (optimale)
Coton	125 kg 14N 18P 18K S Bo + 50 kg urée	5 t de fumier + 250 kg 14N 18P 18K S Bo + 100 kg urée
Sorgho	100 kg DAP + 50 kg d'urée	5t de fumier + 100 kg DAP + 50 kg d'urée
Maïs	100 kg 17-17-17 + 150 kg d'urée	5t de fumier + 100 kg 17-17-17 + 150 kg d'urée

L'apport en éléments organique et minéraux pour 5 T / ha de fumier est mentionné dans le Tableau 27.

Tableau 27. Analyse de fumier et quantité d'éléments apportés ; Farako et Finkolo 2005 ; sur 2 échantillons.

Elément	C	N	CaO	MgO	K2O	Na2O	P2O5	S
%	10.56	0.91	0.77	0.51	1.29	0.11	0.36	0.10
en kg/ ha pour 5 T / ha	528	46	38	26	65	6	18	5

Le deuxième facteur est le système de culture qui comprend 5 traitements (Tableau 28).

Tableau 28. Les différents modes de gestion des sols testés sur coton à Farako et Finkolo en 2005.

Principaux facteurs de différenciation	Traitements				
	Labour T1	Scarifiage T2	SCV1 (faible paillage) T3	SCV2 (faible paillage) T4	SCV3 (fort paillage) T5
Coton	Sol nu	Sol nu	Résidus de sorgho	Résidus de sorgho	Résidus de sorgho + paille de graminées
Sorgho	Labour	scarifiage	scarifiage	scarifiage	scarifiage
Maïs	Labour	scarifiage	scarifiage	scarifiage	scarifiage

Sur coton les itinéraires techniques effectués en 2005 sont mentionnés dans le Tableau 29. Les observations et mesures effectuées sont : analyses de sols ; date de levée ; densité de peuplement au démarrage et à la récolte ; hauteur et nombre de nœuds ; date de floraison ; enherbement ; caractérisations racinaires ; rendements ; état de surface du sol ; suivi du bilan hydrique. Des abaques de relation entre quantité de biomasse et % de couverture du sol ont été effectuées sur le sorgho (Figure 17) et les graminées (Figure 37).

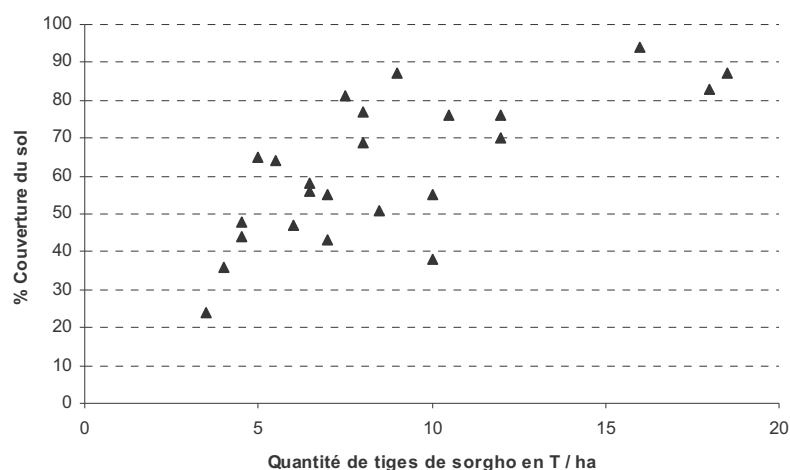


Figure 17. Relation entre la quantité de tiges de sorgho sur la parcelle (T/ha) et la couverture du sol (en %) ; réalisée sur 24 placettes de 1 m² par la méthode d'intersection avec une maille de 10 cm ; résidus de sorgho répartis aléatoirement.

Tableau 29. Les itinéraires techniques appliqués à Finkolo et Farako sur le coton en 2005.

Pratique	Traitements				
	T1	T2	T3	T4	T5
Apport de fumier	En première année sur F2 ; apport généralisé de 5 T/ha avant semis				
Apport de pailles	Rien		Apport de 6 T/ha de paille de sorgho	Apport de 6 T/ha de paille de sorgho (couverture du sol à 50%)	Apport de 3 T/ha de paille de sorgho + 10 T/ha de pailles de graminées spontanées au maximum (couverture du sol à 100%)
Traitement herbicide avant semis	Si nécessaire application de Round-Up (glyphosate) à 4 litres/ha				
Travail du sol avant semis	Labour à plat à la charrue à partir du 25 mai	Scarifiage dans le sens des billons	Aucun	Aucun	Aucun
Semis	A partir de mi-juin		A partir de fin-mai		
Fertilisation complexe	Totalité du complexe appliquée au semis au niveau des lignes				
Traitement de prélevée	Rien		Action 80 (diuron) sur coton associé ou non au Round-Up (glyphosate) si nécessaire		
Sarclage	Sarclo-buttage à la traction animale		Manuel si nécessaire		
Buttage			Non		
Fertilisation urée	F1 : 30 jours après semis (JAS) F2 : 1 ^{ère} fraction 30 JAS 2 ^{ème} fraction 45 JAS		F1 :15 jours après semis (JAS) F2 : 1 ^{ère} fraction 15 JAS 2 ^{ème} fraction 30 jours après semis		

Sur sorgho les itinéraires techniques utilisés en 2005 sont mentionnés dans le Tableau 30. Une variété améliorée de la recherche (Zaradié) a été utilisée. La densité de semis était de 0.80 x 0.50 à raison de deux plants/poquet. Les observations et les mesures faites sont les suivantes : mesures de levée, 7 jours après semis. ; date début floraison ; hauteur en cours de cycle en fonction d'un nombre de jours fixes ; composantes du rendement à la récolte.

Tableau 30. Les itinéraires techniques pratiqués sur sorgho à Finkolo en 2005.

Pratique	Traitements				
	T1	T2	T3	T4	T5
Apport de fumier	En première année apport généralisé sur F2 de 5 T/ha avant semis				
Traitement herbicide avant semis	Si nécessaire application de Round-Up (glyphosate)				
Travail du sol avant semis	Scarifiage avant semis dans le sens des billons				
Semis	Mi-juin				
Fertilisation complexe	Sur F2 : 100 kg/ha de DAP au semis au niveau des lignes				
Traitement de prélevée	Agrazine 500 (atrazine) à 4 litres/ha sur sorgho associé ou non au Round-Up (glyphosate) si nécessaire				
Semis culture associée	Non			30 jours après le semis du sorgho ; Mucuna 3 graines/poquet tous les 50 cm entre lignes ;	semis même jour Brachiaria 20 graines/poquet tous les 50 cm entre lignes ;
Sarclage	Sarclo-buttage à la traction animale		Manuel si nécessaire		
Buttage			Non		
Fertilisation urée	Sur F2 : 50 kg/ha d'urée 30 jours après semis				

Tableau 31. Les itinéraires techniques pratiqués sur maïs à Farako en 2005.

Pratique	Traitements				
	T1	T2	T3	T4	T5
Apport de fumier	Sur F2 apport généralisé de 5 T/ha avant semis				
Traitement herbicide avant semis	Si nécessaire application de glyphosate				
Travail du sol avant semis	Scarifiage avant semis dans le sens des billons				
Semis	Mi-juin				
Fertilisation complexe	Totalité du au semis au niveau des lignes				
Traitement de prélevée	Agrazine (atrazine) à 4 litres / ha associé ou non au glyphosate (si nécessaire)				
Semis culture associée	Non			30 jours après le semis du sorgho ; Mucuna 3 graines/poquet tous les 50 cm entre lignes ;	En même temps que le semis du maïs ; Brachiaria 20 graines/poquet tous les 50 cm entre lignes ;
Sarclage	Sarclo-buttage à la traction animale		Manuel si nécessaire		
Buttage			Non		
Fertilisation urée	30 jours après semis				

Sur maïs les itinéraires techniques utilisés en 2005 sont mentionnés dans le Tableau 31. La variété utilisée était la « débagnima », composite de cycle moyen et de couleur blanche. La densité de semis: 0,80 m x 0,50 m avec 5 graines/poquet au semis pour un démariage à 2 plants par la suite. Les observations et les mesures faites sont les suivantes : mesures de levée, 7 jours après semis, date début floraison, hauteur en cours de cycle, rendement à la récolte.

4.3. Résultats sur le coton dans la rotation coton / sorgho

4.3.1. Calendrier cultural sur coton.

Les différentes opérations et leurs dates figurent dans le Tableau 32.

Tableau 32. Calendrier cultural des opérations effectuées dans la parcelle coton pérennisé de Finkolo.

Activités	Traitements	Date
Piquetage	T1,T2, T3, T4, T5	15/05/2006
Mesure état de surface	T1,T2, T3, T4, T5	28/05/2006
Labour et scarifiage	T1, T2	15/06/2005
Semis	T3,T4,T5	05/06/2005
Semis	T1, T2	15/06/2005
Démariage et épandage du complexe coton	T3,T4,T5	24/06/2005
Démariage et épandage du complexe coton	T1, T2	07/07/2005
1er sarclage	T3,T4,T5	18/06/2005
1er sarclage	T1, T2	11/07/2005
Apport 1ère fraction d'urée	T1,T2, T3, T4, T5	11/07/2005
1 ^{er} Traitement insecticide	T3,T4,T5	23/07/2005
1 ^{er} Traitement insecticide	T1, T2	23/08/2005
Apport 2 ^{ème} fraction d'urée	T3,T4,T5	25/07/2005
Apport 2 ^{ème} fraction d'urée	T1, T2	03/08/2005
2 ^{ème} traitement insecticide	T1,T2, T3, T4, T5	06/08/2005
2 ^{ème} Sarclage	T3,T4,T5	11/07/2005
2 ^{ème} Sarclage	T1, T2	20/07/2005
Buttage	T1, T2	19/08/2005
3 ^{ème} traitement insecticide	T1,T2, T3, T4, T5	20/08/2005
3 ^{ème} Sarclage	T3,T4,T5	20/07/2005
3 ^{ème} Sarclage	T1, T2	10/08/2005
4 ^{ème} Sarclage	T3,T4,T5	18/08/2005
4 ^{ème} traitement insecticide	T1,T2, T3, T4, T5	03/09/2005
5 ^{ème} Traitement insecticide	T1,T2, T3, T4, T5	17/09/2005
6 ^{ème} Traitement insecticide	T1,T2, T3, T4, T5	01/10/2005
Récolte 1	T1,T2, T3, T4, T5	26/10/2005
Récolte 2	T1,T2, T3, T4, T5	23/11/2005

4.3.2. Evolution humidité du sol sur coton.

Une description de fosses pédologiques a été faite en fin mai à l'extrémité des parcelles (Tableau 33). Le sol de ce site d'expérimentation est du type ferrugineux tropical lessivé modal avec un pourcentage élevé de sable moyen en surface, par endroit on note également la présence de gravillons. La structure devient très lourde est profondeur. On monte une accumulation de fer après les quarante premiers centimètres ce qui rend très compact le sol.

Tableau 33. Description morphopédologique d'une fosse ouverte à Finkolo.

Profondeur (cm)	Texture	Couleur
0-15	Limono sableuse à sable moyen	5 YR 4/6
15-45	Limono argileuse très collant	5 YR 5/8
45-180	Limono argileuse Accumulation de fer Nappe d'eau inactuelle	Matrice : 5 YR 5/8 Inclusion : 2,5 YR 5/8
180-> 200	Argileux limoneuse	Matrice : 10 YR 7/8 Inclusion : 2,5 YR 5/6

Les états de surface du sol ont été évalués avec un cadre de 1m², gradué à 10 cm sur chaque côté, les points reliés entre eux avec une ficelle est place sur le sol. On laisse tomber une aiguille à tricoter à chaque intersection des ficelles, donc 100 points de mesure sont faits dans chaque carré. Au point d'impact avec le sol, on compte les points suivants (Roose, 2004) :

-surfaces fermées

* pellicule de battance, croûte de sédimentation, semelle de battance, surface des cailloux apparents

-surfaces ouvertes

*fissures profondes, galeries de mésofaune, mottes > 1 cm

- surfaces couvertes

* litière (résidus de culture, racines nues), cailloux non intégrés dans la masse du sol, adventice + plante de couverture rampante

A Finkolo, l'état de surface de la parcelle coton a été estimé à la fin du mois de mai (Tableau 34). Le pourcentage de sol nu avoisine les 70% avec seulement 30% de sol couvert. Une analyse plus approfondie nous montre que 84% des surfaces sont fermées et que seulement 16% sont ouvertes en relation avec les fortes pluies précédentes (3 pluies > à 30 mm ; Figure 18). Cela démontre qu'au niveau de cette parcelle en début d'hivernage très peu de possibilité existe pour l'infiltration des premières eaux de pluies.

Tableau 34. Description de l'état de surface des parcelles à Finkolo.

Mesure	%sol nu	%sol couvert	Nu fermé	Nu ouvert	Couvert fermé	Couvert ouvert
Moyenne	69.54	30.46	63.17	6.29	21.04	9.50
Ecart-type de la moyenne	2.51	2.51	2.57	0.78	1.80	1.27

La pluviométrie a été très capricieuse cette année avec un démarrage difficile pendant les deux premières décades du mois de juin (Figure 19). Seulement quatre pluies ont été enregistrées dans ces deux premières décades de juin pour un cumul de 53,3 mm. Ces difficultés ont retardé la mise en place de certaines parcelles. On note une bonne reprise dans la troisième décade de juin et dans la première décade du mois de juillet. La pluviométrie est restée faible dans la troisième décade du mois de juillet. Nous avons observé une bonne reprise pendant le mois d'août pour ensuite avoir un léger déficit en septembre (Annexe 12.1). La campagne 2005 a été globalement caractérisée par un déficit accusé en phase de semis (mois de juin).

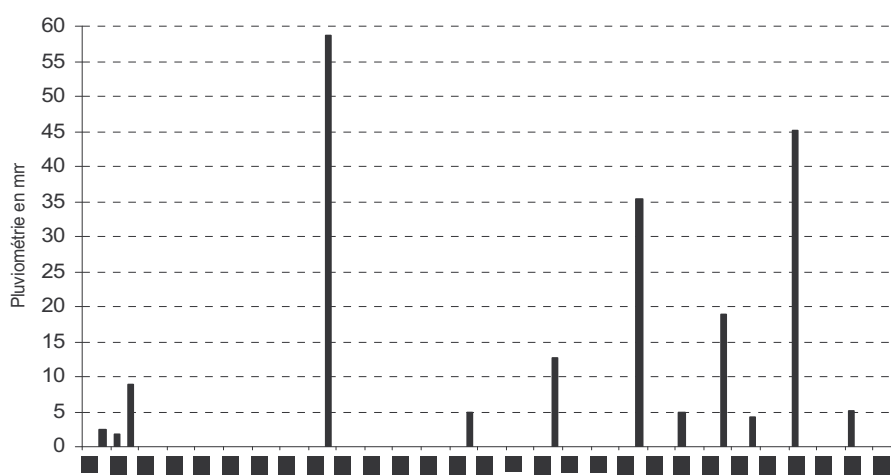


Figure 18. Situation pluviométrique avant la mise en place des essais à Finkolo.

De nombreuses mesures ayant pour objectif d'estimer l'humidité volumétrique du sol ont été effectuées pour mieux expliquer l'effet des différents modes de gestion des sols (Tableau 35).

Tableau 35. Mesures d'humidité volumétrique du sol estimée par TDR (Time Domain Reflectometry) effectuées par traitement.

	Mesures effectuées avec les sondes en surface		Mesures effectuées dans les tubes en profondeur					
	Journalière	Episodique	Hebdomadaire		Journalière		Episodique	
Profondeur en cm	0 – 15	0 – 15	12,5 à 92,5	112,5 à 172,5	12,5 à 92,5	112,5 à 172,5	12,5 à 92,5	112,5 à 172,5
Nombre de mesure par parcelle	5	5	4	2	4	2	4	2
Nombre de mesure total	20	30	20	10	20	10	20	10
Dans le bloc 2, deux tubes supplémentaires de 2 m ont été installés ce qui porte les mesures au niveau de ce bloc à 32 entre 12,5 à 92,5 et à 22 entre 112,5 à 172,5 cm.								

Au regard de la Figure 19, quelques constats s'imposent :

- après une pluie, l'humidité est beaucoup plus grande sous systèmes avec paillage aussi bien faible paillage et fort paillage;
- l'humidité en surface de la parcelle labourée est systématiquement inférieure à d'humidité des systèmes sous paillage ;

- la réduction de l'humidité est plus rapide sur traitement avec faible paillage que sur fort paillage.
- En cas de forte pluie comme celle du 24 juin, les humidités observées sous les différents systèmes sont près que confondues.

Nous remarquons sur la Figure 20 que la troisième décade du mois de juillet a été relativement sèche, avec des petites quantités de pluies. Cependant, l'humidité des systèmes avec paillage est restée toujours supérieure à celle du labour. On peut retenir comme enseignement :

- le pourcentage d'humidité est un peu plus élevé dans des systèmes avec paillage ;
- des écarts significatifs sont observés entre les traitements au courant du mois d'août ;
- en début septembre, l'humidité en surface des traitements semble confondue.

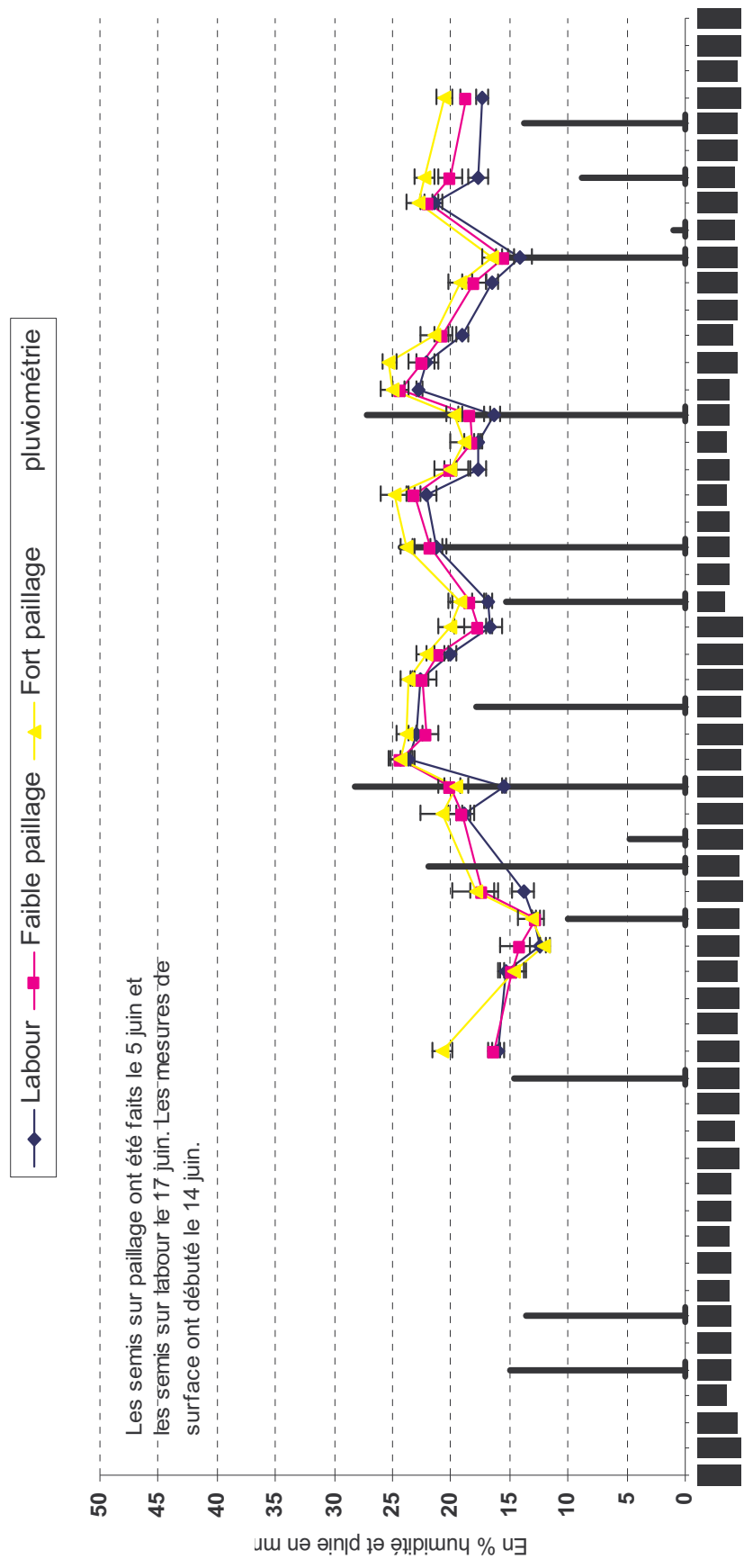


Figure 19. Evolution de l'humidité volumétrique (TDR) en surface des différents traitements pendant la période de mise en place à Finkolo.

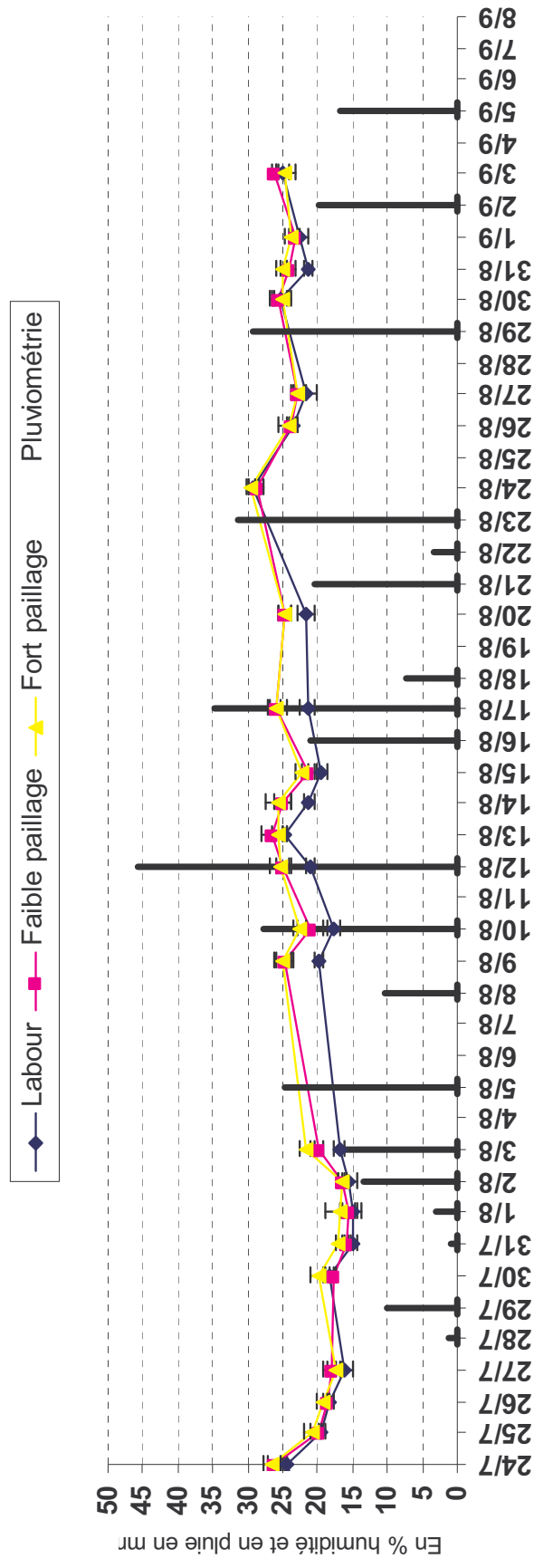


Figure 20. Evolution de l'humidité volumétrique (TDR) en surface des différents traitements pendant la période de développement végétative à Finkolo.

Premier épisode pluvieux du 21 mai au 28 mai :

Après le piquetage, le 21 mai des mesures d'humidités ont été faites (Figure 21, a et b). On constate une certaine hétérogénéité au niveau des profils. Le plus faible pourcentage d'humidité est observé dans les parcelles supposées recevoir les traitements avec fort paillage. La même tendance de diminution d'humidité est observée au niveau de tous les traitements aux environs de 100 cm.

Le 28 mai, les états de surface ont été faits et les parcelles devant recevoir le labour et le scarifiage ont été nettoyées. A cette date le même constat d'hétérogénéités se fait sentir le long du profil.

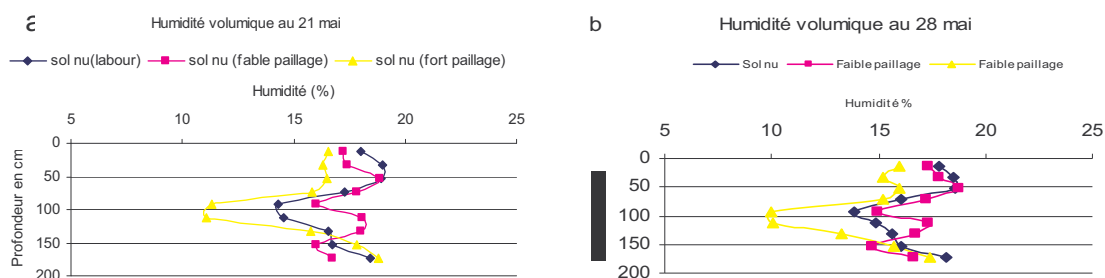


Figure 21. Evolution de l'humidité volumétrique (TDR) lors d'un épisode pluvieux dans les différents traitements à Finkolo: a) humidité au 21 mai et b) humidité au 28 mai.

Deuxième épisode pluvieux du 5 juin au 14 juin :

Les semis dans les parcelles avec faible paillage ont été effectués le 5 juin (Figure 22 a) et immédiatement après le semis les quantités de paille supplémentaires ont été apportées sur les parcelles SCV. Une période de sécheresse est survenue après ces opérations.

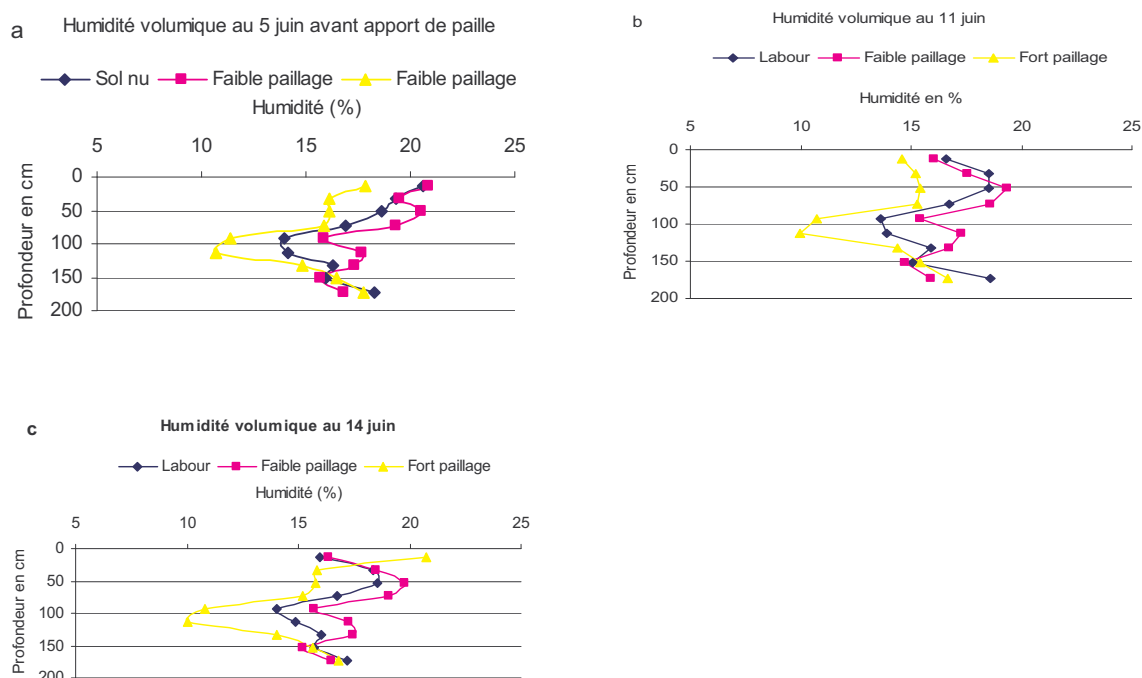


Figure 22. Evolution de l'humidité volumétrique (TDR) lors d'un épisode pluvieux dans les différents traitements à Finkolo: a) humidité au 5 juin, b) humidité au 11 juin et c) humidité au 14 juin.

A la date du 11 juin (Figure 22 b), on note une diminution de l'humidité en surface dans les trois traitements. Une pluie de 14,7 mm a été enregistrée le 13 juin et les humidités mesurées dans les différentes parcelles montrent une augmentation plus nette du pourcentage d'humidité en surface dans les traitements avec fort paillage (Figure 22 c). Des mesures d'humidité ont été faites avec des sondes de surface (5 répétitions par parcelle élémentaires). Les résultats de ces mesures ont été utilisés pour remplacer les premières mesures faites dans les tubes.

En conclusion, on peut retenir :

- sur sol non couvert après l'infiltration des premières pluies, l'augmentation de l'humidité se fait lentement ;
- l'évaporation est beaucoup plus rapide sur sol nu, on revient rapidement à l'humidité de départ ;
- l'infiltration est favorisée par la présence de couverture végétale au niveau de la surface du sol.

Troisième épisode pluvieux du 21 au 27 juillet

Au 21 juillet (Figure 23a), l'humidité de la parcelle labourée reste inférieure à celle des autres traitements entre 50 et 100 cm. L'humidité de la parcelle labourée varie le long du profil entre 15 et 21,4%.

L'humidité de la parcelle avec faible paillage est d'une manière générale meilleure à celle de la parcelle avec fort paillage. En horizon de surface, l'humidité de la parcelle avec fort paillage est supérieure à celle de la parcelle avec faible paillage. Au-delà de 25 cm, elle devient supérieure à l'humidité de la parcelle avec fort paillage.

Dans les 100 premiers centimètres ou sont sensées être localisées les racines, l'humidité de la parcelle labourée reste inférieure aux autres traitements.

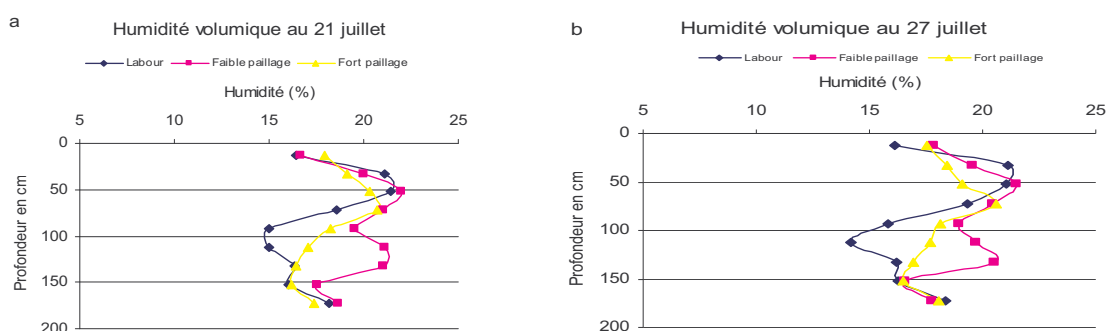


Figure 23. Evolution de l'humidité lors d'un épisode pluvieux dans les différents traitements à Finkolo: a) humidité au 21 juillet, b) humidité au 27 juillet.

Après une période de 6 jours sans pluie, l'humidité de la parcelle labourée reste toujours inférieure à l'humidité des autres traitements dans les premiers centimètres (Figure 23b).

Les traitements avec paillage sont restés avec des pourcentages d'humidités relativement plus élevées. Les racines des plants sur paillage, situées dans les 100 premiers centimètres, sont supposées être théoriquement dans des conditions d'humidités plus bonnes.

On peut tirer comme conclusion :

- le taux d'humidité dans les 100 premiers centimètres est plus élevé dans les parcelles avec résidus ;
- la période de sécheresse a faiblement affecté l'évolution de l'humidité en surface dans les parcelles avec paillage.

- le transfert de l'humidité en profondeur est beaucoup plus sensible dans -les parcelles avec couverture végétale en surface.

4.3.3. Mesures de levée sur coton.

Avec une moyenne générale de 14 271 poquets levés par hectare, l'analyse statistique faite sur les données du 3^{ème} jour après semis montre une différence hautement significative entre les traitements (Figure 24). Le coefficient de variation est élevé (43,68%).

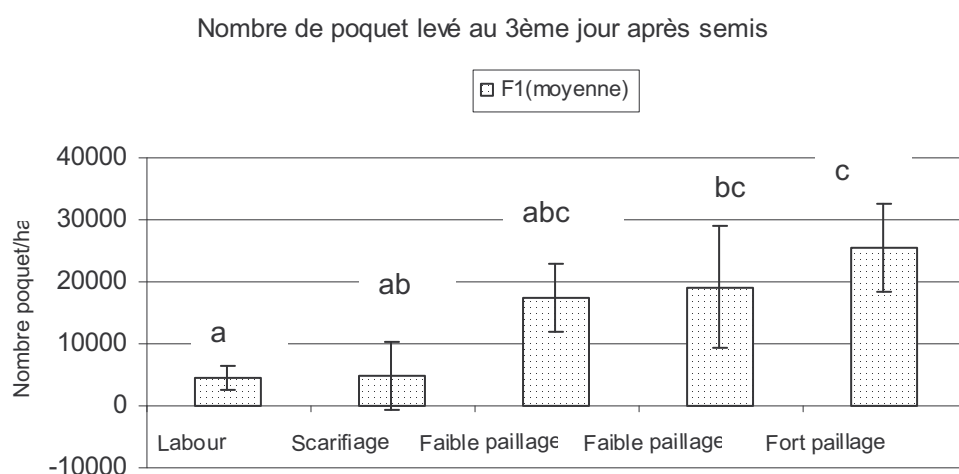


Figure 24. Comptage nombre poquet levé au 3^{ème} jour après semis à Finkolo.

Au cinquième jour après semis, les mêmes tendances sont observées (Figure 25). Le coefficient de variation est de 23,76% avec une moyenne de 25 590 poquets/ha.

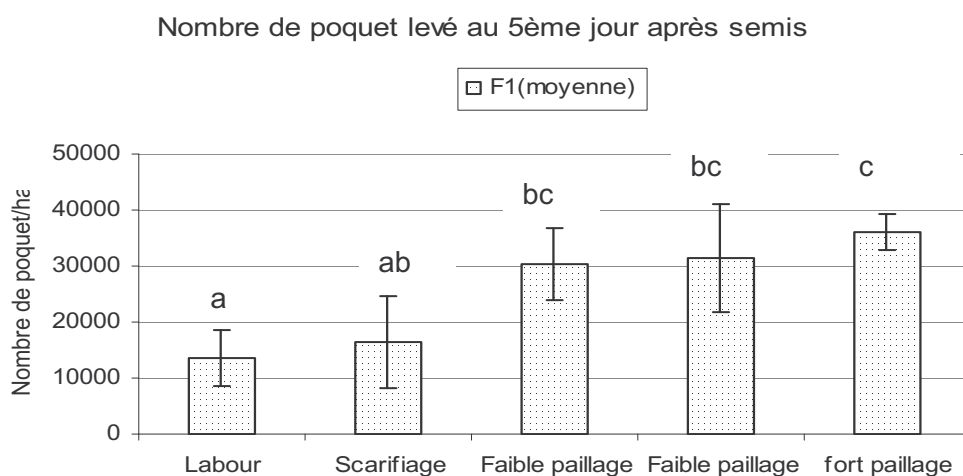


Figure 25. Comptage nombre poquet levé au 5^{ème} jour après semis.

En conclusion, on peut retenir :

- la vitesse de levée est plus rapide dans les parcelles avec des résidus végétaux.
- L'effet de la gestion du travail du sol se fait sentir sur la levée du cotonnier.
- On a observé la levée du cotonnier au-delà du 5^{ème} jour après semis. Dans les parcelles labourées et scarifiées, la levée était près que totale au bout d'une semaine.

4.3.4. Effet sur la croissance des cotonniers.

Des mesures de taille ont été faites à différentes périodes. Au 30^{ème} JAS, le coefficient de variation est de 22,41% avec une moyenne générale en hauteur de 17 cm. L'analyse statistique ne montre pas de différence significative entre les modes de gestion du travail du sol et entre les deux niveaux de fertilisation au 30^{ème} et au 60^{ème} JAS (Tableau 36).

Au 90^{ème} JAS on observe un effet mode de gestion du travail du sol avec la meilleure hauteur pour le faible paillage (T4). Le CV est beaucoup plus faible au 90^{ème} JAS.

Un effet bloc est observé sur la taille des plants pour les trois dates de mesures avec toujours un effet défavorable pour le bloc 4.

Tableau 36. Croissance du cotonnier à différentes dates du cycle de végétatif à Finkolo.

	30 ^{ème} JAS					60 ^{ème} JAS					90 ^{ème} JAS				
	T1	T2	T3	T4	T5	T1	T2	T3	T4	T5	T1	T2	T3	T4	T5
F1 (moyenne)	17.25	14.25	18.75	18.75	17.50	80.73	69.25	71.09	77.14	74.19	103.15	87.48	93.60	103.1	93.69
F2 (optimale)	16	15.50	15.25	19.50	16.25	80.13	76.93	65.65	83.13	82.39	101.66	100.01	86.55	105.40	104.35
Moy	16.90					76.06					97.90				
CV	22.41					11.93					9.98				

Le suivi phénologique montre une augmentation du nombre de nœud jusqu'au 90^{ème} JAS (Tableau 37). Une augmentation plus accélérée est observée entre le 30^{ème} et le 60^{ème} JAS. Pour les deux premières périodes d'observation on note une différence significative entre les blocs avec un plus faible nombre de nœud pour le bloc 4.

Au 90^{ème} JAS, l'effet bloc n'existe plus. Les coefficients de variation obtenus sont faibles.

Tableau 37. Augmentation du nombre de nœud au cours du cycle végétatif à Finkolo.

	30 ^{ème} JAS					60 ^{ème} JAS					90 ^{ème} JAS				
	T1	T2	T3	T4	T5	T1	T2	T3	T4	T5	T1	T2	T3	T4	T5
F1 (moyenne)	7.48	6.65	7.05	7.25	6.63	14.83	13.74	14.26	14.63	14.14	18.38	16.43	17.30	17.90	15.91
F2 (optimale)	7.05	6.85	6.70	7.63	6.93	14.58	14.09	13.44	14.89	14.91	18.13	17.45	15.49	17.13	17.05
Moy	7.02					14.35					17.12				
CV	10.55					5.74					5.91				

La longueur des 4 derniers nœuds a été mesurée pendant le cycle végétatif des cotonniers (Tableau 38). L'analyse statistique montre qu'une différence existe entre les modes de gestion du travail du sol pour les trois dates d'observation. C'est seulement au 90^{ème} JAS qu'on observe une différence significative entre les niveaux de fertilisation. L'effet bloc se fait sentir au 90^{ème} JAS avec une plus grande longueur des quatre derniers nœuds pour le bloc 3. La précision des mesures est plus élevée pour les deux dernières dates.

Tableau 38. Longueur des 4 derniers nœuds au cours du cycle végétatif à Finkolo.

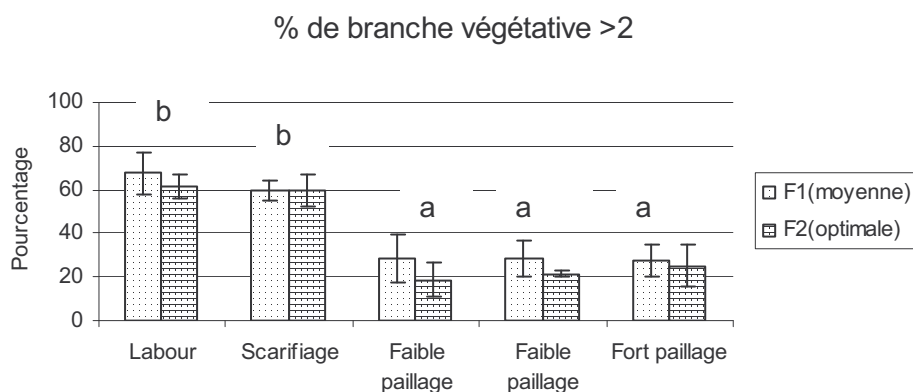
	30 ^{ème} JAS					60 ^{ème} JAS					90 ^{ème} JAS				
	T1	T2	T3	T4	T5	T1	T2	T3	T4	T5	T1	T2	T3	T4	T5
F1 (moyenne)	3.93	3.65	4.83	4.85	4.68	10.14	9.69	8.98	8.95	8.24	6.81	6.50	7.45	7.73	8.25
F2 (optimale)	3.80	3.88	4.35	4.78	4.63	10.45	11.05	8.44	9.36	9.74	6.95	7.03	8.18	8.75	8.33
Moy	4.34					9.50					7.60				
CV	13.44					8.98					8.87				

L'analyse statistique ne montre pas de différence significative (Tableau 39). En moyenne plus de 20% des cotonnières ont plus de 15 branches fructifères. Le nombre de branche fructifère potentiellement présent peut permettre d'atteindre des niveaux de productions satisfaisants.

Tableau 39. Pourcentage de branche fructifère supérieur à 15 à Finkolo.

	F1 (moyenne)	F2 (optimale)
Labour	22.5	16.5
Scarifiage	16.5	30
Faible paillage	16.5	16.25
Faible paillage	23.75	27.5
Fort paillage	15	19

Une étude a été faite sur le nombre de branches végétatives. L'analyse statistique montre une différence significative entre les traitements (Figure 26). Nous observons plus de branches végétatives sur les modes de gestion du travail du sol avec labour et scarifiage. Au moment de la récolte, la végétation est plus abondante dans ces deux traitements. Les cotonniers dans ces parcelles ont tendance à utiliser les réserves du sol pour mieux alimenter les feuilles situées sur ces branches végétatives. Par contre dans les modes de gestion du travail du sol avec faibles paillages et fort paillage, on note moins de 30% de plants avec plus de deux branches végétatives. Donc les éléments nutritifs prélevés au niveau du sol sont utilisés pour mieux alimenter les branches fructifères et par conséquent pour permettre un meilleur remplissage des capsules. Cette différence peut également s'expliquer par le fait que le semis sur parcelles labourées et parcelles scarifiées a été fait avec un léger retard.

**Figure 26. Pourcentage de branche végétative dans les différents traitements à Finkolo.**

Des profils racinaires ont été ouverts dans trois des cinq modes de gestion de travail du sol pour évaluer l'impact du développement racinaire (Figure 27). L'observation des profils ne montre pas de différence entre le développement des racines dans les 20 premiers centimètres. On remarque une forte concentration des racines dans le labour entre 20 et 45 cm. Au-delà de cette profondeur, on observe plus de racines pour le traitement avec fort paillage. Les racines des cotonniers observées vont au-delà de 100 cm de profondeur. On pourrait lier l'augmentation de l'impact racinaire du traitement avec fort paillage en profondeur à la différence d'humidité observée.

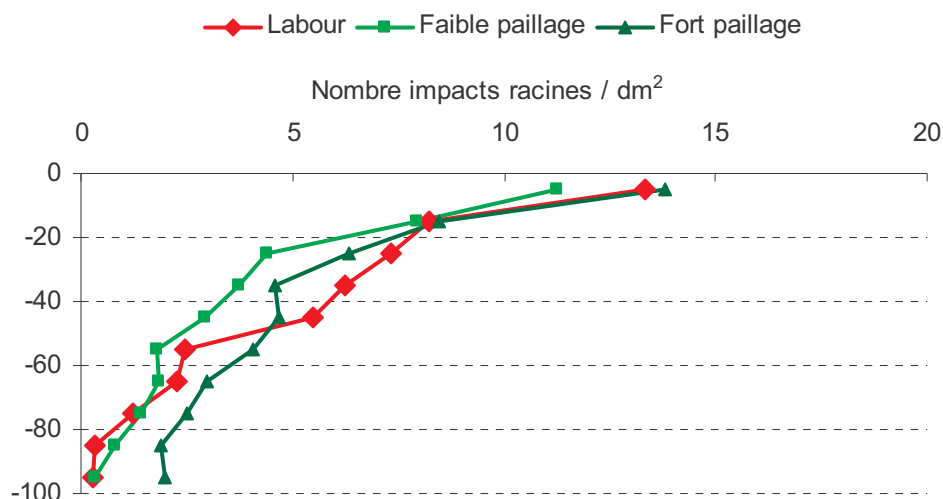


Figure 27. Estimation du système racinaire des cotonniers à Finkolo ; mesure des impacts racinaires sur 4 profils.

En conclusion, on peut retenir :

- le nombre important d'impact racinaire dans les premiers centimètres doit favoriser une augmentation de la porosité créée par la labour;
- l'augmentation de l'impact racinaire en profondeur dans le traitement avec fort paillage peut être due à l'augmentation de l'humidité.

4.3.5. Effet sur les densités et les rendements à la récolte.

La densité moyenne est de 59 878 plants/ha (74% de la densité théorique) avec un coefficient de variation de 11,54%. L'analyse statistique montre une différence entre les traitements (Figure 28). Les meilleures densités à la récolte sont obtenues avec les traitements à fort paillage. Les faibles paillages ont donné des densités supérieures au labour et au scarifiage.

Nous n'observons pas d'effet fertilisation ni d'effet bloc.

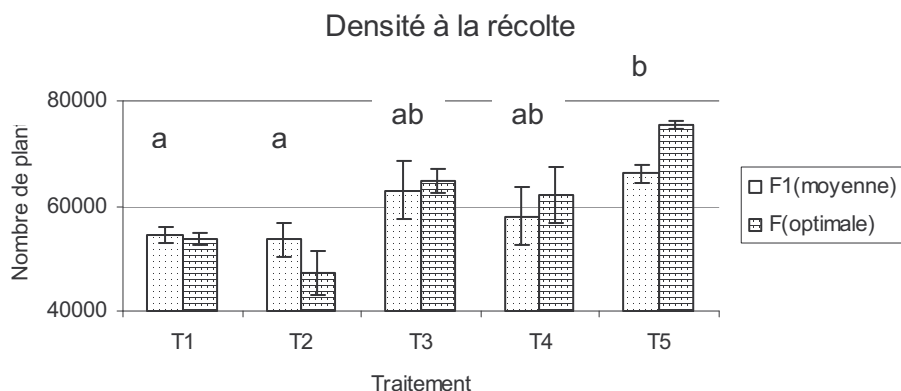


Figure 28. Densité de peuplement à la récolte à Finkolo.

Le rendement moyen de l'essai est de 1306 kg/ha. L'analyse statistique ne montre pas de différence significative entre les deux niveaux de fertilisation (Figure 29). Cependant, des différences sont observées entre les modes de gestion du travail du sol. Le traitement avec fort paillage (T5) donne le meilleur rendement avec un coefficient de variation de 19,68%. Son rendement moyen est de 1650 kg/ha avec une production de 1 413 kg/ha pour la fumure moyenne contre une production de 1 886 kg/ha pour la fertilisation optimale.

Les explications pouvant soutenir cette différence de rendement entre modes de gestion du travail du sol se résument en :

- une meilleure disponibilité de l'humidité au niveau des parcelles avec couverture végétale ;
- meilleure levée ;
- meilleur démarrage de la croissance végétative ;
- moins de branches végétatives ;
- plus de branches fructifères
- plus de racines en profondeur.

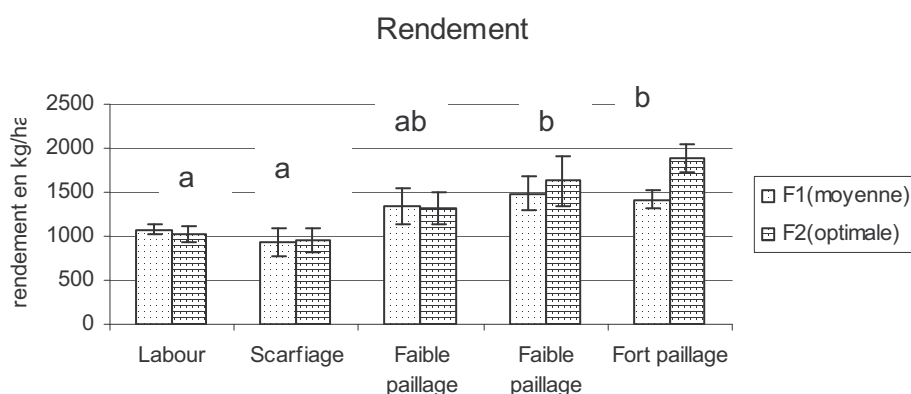


Figure 29. Rendement des différents modes de gestion du travail du sol en fonction de la fertilisation à Finkolo.

4.3.6. Discussion.

La faible durée de la saison des pluies utiles est un des facteurs les plus limitants dans la zone tropicale sèche. Il est donc essentiel que l'agriculteur profite au maximum des premières pluies et que les cycles végétatifs des cultures coïncident au mieux avec la saison des pluies pour réduire la sensibilité de la production aux déficits hydriques et obtenir une meilleure valorisation par la culture de l'offre en eau (Chopart et Kone, 1985). Il est

primordial que les semis soient effectués aussi précocement que possible. A Finkolo, les semis direct sur couverture végétale ont pu être réalisés relativement tôt cette année (5 juin). Les travaux de préparations du sol doivent être réalisés de telle manière qu'ils ne retardent pas de façon sensible la date de semis. Si on veut travailler le sol à un état d'humidité convenable, il faut attendre que les pluies aient humecté à une profondeur suffisante. Ces travaux ont pu être réalisés avec la pluie ayant servi pour semer les parcelles en SCV. Une période de sécheresse s'est installée après ces pluies et n'a pas permis de faire les semis sur parcelles labourées ou sur les parcelles ayant subi un pseudo-labour.

La dynamique de l'eau dans le sol qui a une influence sur tous les systèmes de culture est affectée par les propriétés physiques du sol, le stade de développement végétatif des cultures, l'intensité des averses (Paltineanu et Starr, 1997). Les systèmes de semis-direct sur couverture végétale ont été expérimentés avec différentes rotations, différents niveaux de couverture et avec différents niveaux de fertilisants. Des travaux similaires réalisés au Sénégal avec couverture complète de résidus de maïs (Chopart et Kone, 1985), ont permis une réduction sensible de l'évaporation de l'eau du sol pendant les premières semaines de végétation du cotonnier mais cet effet est fugace. Le suivi de l'humidité volumique montre que pendant les épisodes de sécheresse, l'humidité se conserve mieux dans les parcelles avec fort paillage. Le pourcentage de levée reste également meilleur dans les mêmes parcelles. Le paillage est favorable à l'alimentation hydrique du cotonnier, dont le début du cycle se situe justement pendant la petite saison sèche des mois de juin et de juillet. Les semis réalisés plus tôt sur les systèmes SCV ont permis aux cotonniers de prendre une avance substantielle sur le plan développement végétatif. Ceci ayant permis de libérer les branches végétatives pour faire face au bon développement des branches fructifères. Les meilleurs rendements sur cotonnier ont été observés avec les traitements SCV.

4.4. Résultats sur le sorgho dans la rotation coton / sorgho

4.4.1. Calendrier cultural

Les principales opérations culturales effectuées sur sorgho sont listées dans le Tableau 40. Le semis a été réalisé le 21 juin dans de très bonne condition d'humidité. D'une manière générale, la levée du sorgho était bonne et cultures associées n'ont pas posé de gros problèmes.

Tableau 40. Calendrier cultural des opérations effectuées sur le sorgho à Finkolo.

Activités	Traitements	Date
Scarifiage	T1, T2, T3, T4, T5	19/06/2005
Semis	T1, T2, T3, T4, T5	21/06/2005
Semis du Brachiaria	T5	21/06/2005
1 ^{er} Sarclage	T1, T2, T3, T4, T5	07/07/2005
Epandage du DAP	T1, T2, T3, T4, T5	11/07/2005
2ème sarclage	T1, T2, T3, T4, T5	21/07/2005
Epandage urée	T1, T2, T3, T4, T5	24/07/2005
Semis du mucuna	T4	27/07/2005
3ème sarclage	T1, T2, T3, T4, T5	24/08/2005
Buttage	T1-T2	25/08/2005
Récolte	T1, T2, T3, T4, T5	08/11/2005

4.4.2. Effet sur le système racinaire.

Des profils ont été ouverts dans les parcelles de différents modes de gestion du travail du sol pour mesurer l'impact racinaire du sorgho en culture pure et du sorgho en association avec le brachiaria (T1 et T5 ; Figure 30). L'association sorgho + brachiaria donne plus de racines dans les premiers centimètres. A cinquante centimètres de profondeur, les deux systèmes semblent se confondre. Au-delà, on remarque une augmentation du nombre impact racinaire avec l'association sorgho plus brachiaria. La présence de racines a été observée au-delà de 100 cm de profondeur.

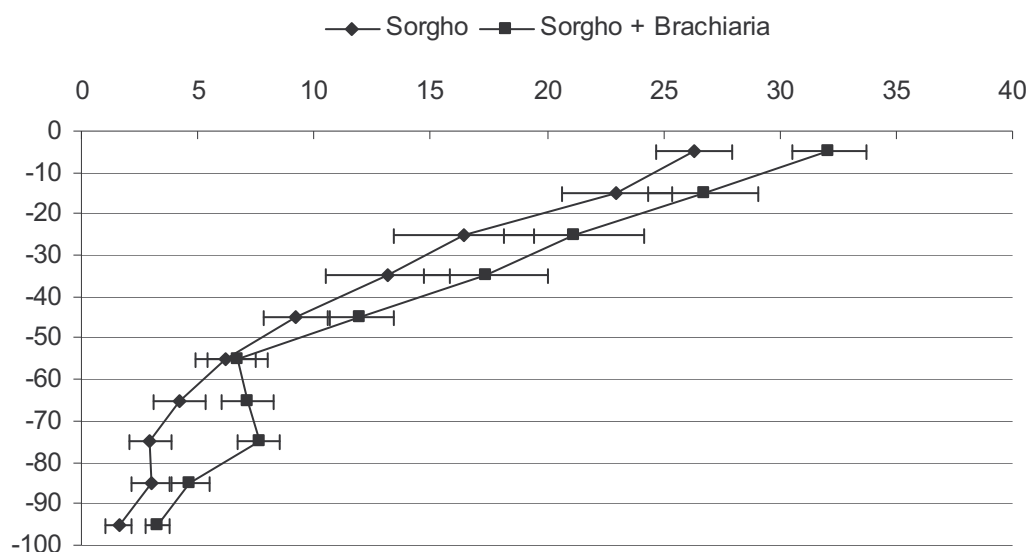


Figure 30. Estimation des systèmes racinaires dans des parcelles en culture pure de sorgho et du sorgho en association avec du brachiaria à Finkolo ; 4 profils par traitement.

En conclusion, on peut retenir :

- manifestement, l'association sorgho plus brachiaria donne plus d'impact racinaire tout le long du profil ;
- les impacts racinaires en culture pure comme en association vont au-delà de 100 cm de profondeur.

4.4.3. Effet sur la biomasse produite.

La production moyenne de matière sèche est de 13 316 kg/ha. L'analyse de la production de biomasse sèche du sorgho ne montre pas de différence significative entre les modes de gestion du travail du sol (Figure 31).

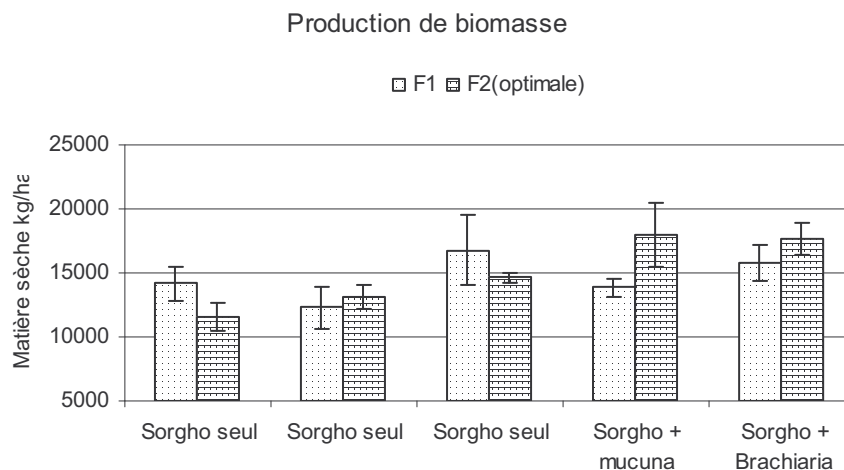


Figure 31. Production de biomasse sèche de sorgho à Finkolo.

La moyenne de biomasse produite est de 14.799 kg/ha avec un coefficient de variation de 21,30%. La production moyenne de matière sèche du mucuna est de 1 790 kg/ha contre 5 626 kg/ha pour le Brachiaria.

L'analyse statistique de la production de biomasse du sorgho en association avec du mucuna ou du brachiaria (Tableau 41) ne montre pas de différence significative entre les modes de gestion du travail du sol (la probabilité est de 0,05). L'augmentation de biomasse est beaucoup plus sensible sur les traitements avec fumure vulgarisée (F1) en association avec du mucuna (1 846 kg/ha) ou en association avec du brachiaria (5 703 kg/ha).

Tableau 41. Production de biomasse du sorgho plus la production de la culture associée en kg/ha à Finkolo.

	F1 (moyenne)	F2 (optimale)
Sorgho seul	14 195	11 542
Sorgho seul	12 310	13 192
Sorgho seul	16 769	14 641
Sorgho + mucuna	13 889	17 943
Sorgho + brachiaria	15 791	17 716

4.4.4. Effet sur le rendement.

Le rendement moyen est de 907 kg/ha avec un coefficient de variation de 18,25%. L'analyse statistique ne montre pas de différence significative entre les traitements (Figure 32). Le sorgho n'a pas répondu à la forte fertilisation, la fumure vulgarisée a donné des rendements statistiquement équivalents à ceux de la fumure forte. Le sorgho et le Brachiaria ont été semés à la même date, il serait intéressant de décaler le semis du Brachiaria pour éviter toute compétition. Le suivi du comportement des deux cultures nous permet de dire que la compétition fait son effet au moment du remplissage des grains. Avant cette phase qu'aucune compétition ne se faisait sentir entre les deux cultures.

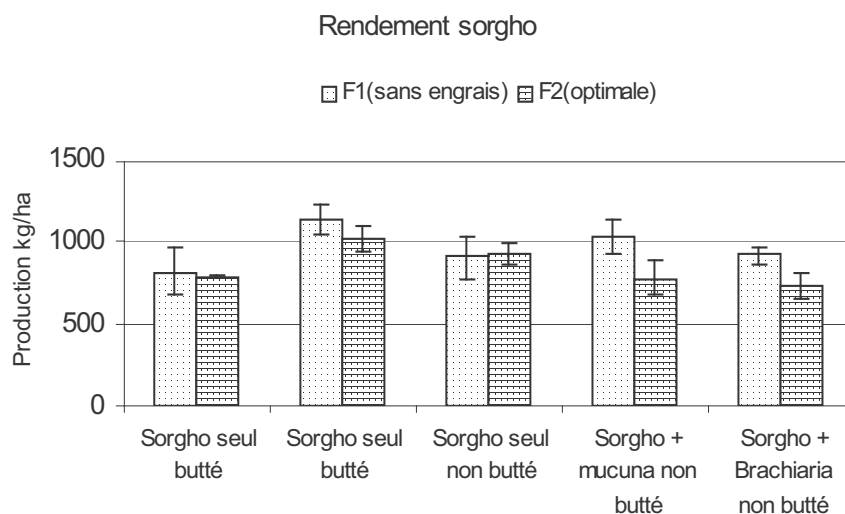


Figure 32. Rendement du sorgho des différents traitements en fonction de la fertilisation à Finkolo.

4.4.5. Discussion

Dans le dispositif mis en place, des plantes de couverture (espèce fourragère et une légumineuse) sont associées au sorgho. Le rôle fertilisant de la légumineuse (arachide) dans la rotation culturale a été mis en évidence dans les études de longue durée à N'Tarla. Une culture bien conduite de niébé ou d'arachide représente un apport azoté de 50 kg/ha pour la culture suivante de coton (IER, 1988). (Hien and Sedogo, 1993) ont obtenu à Farakoba (Burkina Faso) une augmentation de coton graine de l'ordre de 300 kg/ha après remise en culture de jachère à *Stylosanthes hamata* de trois ans. (Kébé, 1992) dans ces expérimentations a montré un relatif arrière-effet positif du *Stylosanthes* sur le rendement du sorgho (950 Kg/ha) qui est similaire ou même supérieur aux rendements moyens obtenus lorsque le sorgho suit le coton (rotation biennale) ou le maïs (rotation triennale). Ces résultats donnent une indication des effets positifs de *Stylosanthes* sur la reproductibilité d'un système transitoire entre le système à défriche brûlis et un système à culture permanente avec intégration des jachères améliorées dans l'assolement.

L'introduction du mucuna comme plante de couverture a été faite en Afrique depuis les années 1930, il permet une augmentation du rendement du maïs de près de 200% sur des sols pauvres (Vanlauwe et al., 2003). Une couverture de mucuna réussie permet d'augmenter la disponibilité de l'eau au niveau du sol et de réduire l'évaporation (Amede, 2003). Dans le dispositif que nous avons mis en place, aucune différence n'a été observée sur le rendement du sorgho. Il sera bon d'évaluer les arrières effets de l'association sur la culture du coton qui doit venir dans la rotation. Cependant, nous avons remarqué que la présence de mucuna réduisait la pression en adventices. Le même phénomène a été observé dans les études faites par (Sakala and Mhango, 2003).

Les cultures fourragères ont de nombreux effets directs sur le sol : elles le protègent contre l'érosion, améliorent son bilan hydrique, minéral et organique, régulent sa température et peuvent même remplacer utilement les adventices. Elles maintiennent ainsi, ou améliorent sa fertilité. L'amélioration des propriétés du sol par les plantes fourragères dépend pour une grande part de la fertilisation, de son utilisation et du choix du type de plante. L'effet des graminées sur l'augmentation du stock de matière organique est généralement supérieur à celui des légumineuses, car leur système racinaire est beaucoup plus développé. Il faut signaler que les légumineuses ont un effet supérieur aux graminées sur un grand nombre de bilans minéraux, notamment celui de l'azote.

4.5. Résultats sur le coton dans la rotation coton / maïs.

4.5.1. Calendrier cultural

Le calendrier cultural des opérations effectuées sur le coton de Farako figure dans le Tableau 42. La situation pluviométrique était très critique à Farako en début juin (Figure 33). Le cumul enregistré pendant les deux premières décades de juin était de 46,8 mm ce qui est relativement très faible. Après les semis des SCV réalisés le 7 juin, il a fallu attendre le 21 juin pour avoir des conditions idéales d'humidité pour l'exécution du travail du sol (labour et scarifiage). Cette situation justifie le décalage entre les dates de semis et les faibles taux de levés observés sur certaines SCV.

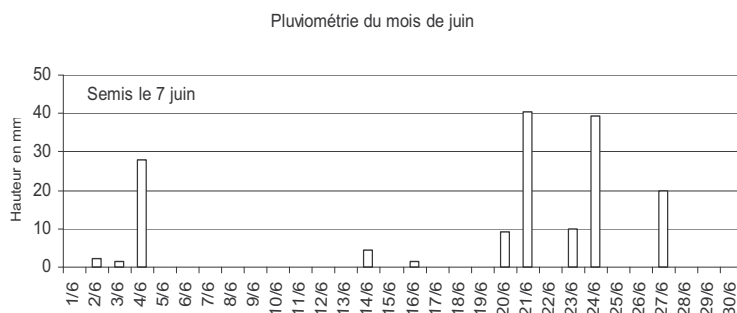


Figure 33. Situation pluviométrique en juin à Farako.

Tableau 42. Calendrier cultural des opérations effectuées à Farako.

Activités	Traitements	Date
Labour et scarifiage	T1, T2	22/06/2005
Semis	T3,T4,T5	07/06/2005
Semis	T1, T2	22/06/2005
Démariage et épandage du complexe coton	T3,T4,T5	26/06/2005
Démariage et épandage du complexe coton	T1, T2	12/07/2005
1er sarclage	T3,T4,T5	30/06/2005
1er sarclage	T1, T2	20/07/2005
Apport 1ère fraction d'urée	T3, T4, T5	12/07/2005
Apport 1ère fraction d'urée	T1, T2	22/07/2005
1 ^{er} Traitement insecticide	T1,T2,T3,T4,T5	22/07/2005
Apport 2 ^{ème} fraction d'urée	T3,T4,T5	22/07/2005
Apport 2 ^{ème} fraction d'urée	T1, T2	11/08/2005
2 ^{ème} traitement insecticide	T1,T2, T3, T4, T5	05/08/2005
2 ^{ème} Sarclage	T3,T4,T5	20/07/2005
Buttage	T1, T2	16/08/2005
3 ^{ème} traitement insecticide	T1,T2, T3, T4, T5	19/08/2005
3 ^{ème} Sarclage	T3,T4,T5	17/08/2005
3 ^{ème} Sarclage	T1, T2	31/08/2005
4 ^{ème} Sarclage	T3,T4,T5	02/09/2005
4ème Traitement insecticide	T1,T2, T3, T4, T5	16/09/2005
5ème Traitement insecticide	T1,T2, T3, T4, T5	30/09/2005
Récolte 1	T1,T2, T3, T4, T5	03/11/2005

4.5.2. Effet sur le nombre de poquets levés

Contrairement à Finkolo, le nombre de poquet levé est très faible sur les modes de gestion du travail du sol avec couverture végétale (Tableau 43). L'analyse faite donne des différences significatives entre les traitements. Ce nombre faible de poquet levé explique par la période prolongée de sécheresse survenue après les semis en SCV.

Tableau 43. Comptage du nombre de poquets levés en fonction des modes de gestion de travail du sol à Farako.

JAS	Fertilisation	T1	T2	T3	T4	T5
3ème	F1(moyenne)	24826.39	27083.33	9027.78	9548.61	7812.50
	F2(optimale)	28472.22	30902.78	8680.56	8854.17	10069.44
4ème	F1(moyenne)	36458.33	34027.78	15972.22	17187.50	19270.83
	F2(optimale)	35243.06	38368.06	22222.22	19097.22	18055.56
5ème	F1(moyenne)	38715.28	36631.94	21527.78	22048.61	24479.17
	F2(optimale)	38715.28	39930.56	26736.11	23611.11	22395.83

4.5.3. Effet sur le rendement.

Le rendement moyen est de 986 kg/ha avec un coefficient de variation de 29,87%. L'analyse statistique ne montre pas de différence significative entre les traitements (mode de gestion du travail du sol). Cependant, une différence hautement significative existe entre les deux niveaux de fertilisation (Figure 34). La réponse à la fertilisation est très nette à Farako ou la fertilité initiale est très faible. La fumure optimale donne un rendement de 1224 kg/ha contre 748 kg/ha pour la fumure moyenne. L'utilisation de paillage dans les parcelles bien fertilisées permet obtenir une augmentation du rendement.

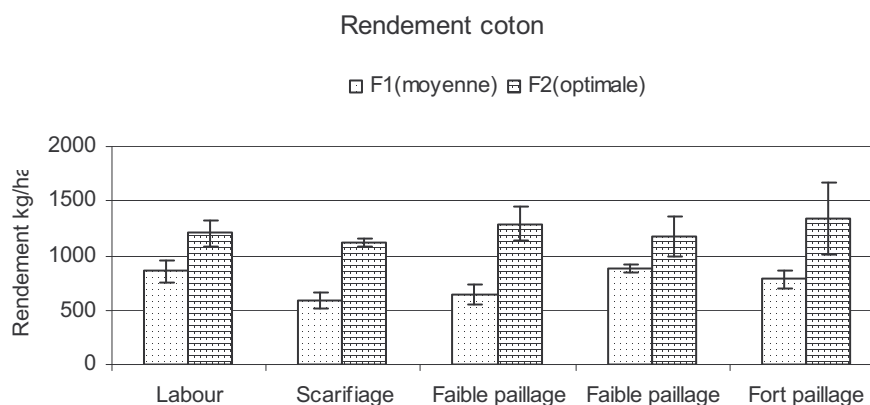


Figure 34. Rendement du coton des différents traitements en fonction de la fertilisation à Farako.

4.6. Résultats sur le maïs dans la rotation coton / maïs.

4.6.1. Effet sur la densité.

Les densités à la récolte sont légèrement faibles (35 772 plants/ha pour une densité théorique de 62 500 plants/ha). Le coefficient de variation de l'essai est de 14,79%. Aucune différence significative n'apparaît entre les modes de gestion du travail du sol (Tableau 44).

Tableau 44. Densité de peuplement des parcelles de maïs en fonction des modes de gestion du travail du sol.

Système	F1	F2
Maïs seul	36262	33062
Maïs seul	34994	34571
Maïs seul	38043	39915
maïs+mucuna	33998	36141
maïs+brach	34722	36021

4.6.2. Effet sur la verse.

La verse a été constatée aussi bien sur les parcelles buttées que non buttées (Figure 35). Avec une moyenne de 3 647 plants versés par hectare, le coefficient de variation est de 38,24% et l'analyse statistique ne révèle pas de différence significative.

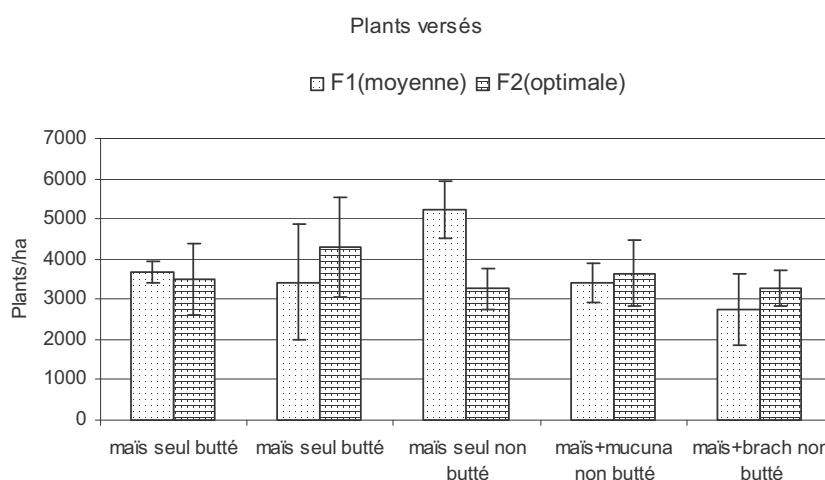


Figure 35. Nombre de pieds versés / ha pour le maïs à Farako.

En conclusion on peut retenir :

- le pourcentage de plants versés est généralement inférieur à 10% ;
- dans les parcelles avec *Brachiaria* la verse a tendance à être moins élevée.

4.6.3. Effet sur le rendement.

Le coefficient de variation de l'essai est de 20,39 avec une moyenne générale de 2 966 kg/ha. L'analyse statistique montre une différence significative entre les traitements (Figure 36). Les plus faibles rendements sont obtenus avec l'association maïs plus *Brachiaria* avec 1594 kg/ha pour la fertilisation moyenne et 2952 kg/ha pour la fumure optimale. Le rendement des associations avec le mucuna reste inférieur aux rendements des traitements témoins. Nous pensons qu'il y a une compétition entre les plantes associées et le maïs.

Nous montrons également la réponse du maïs à la fertilisation organo-minérale. Une différence hautement significative apparaît entre les deux niveaux de fertilisation (F1= 2415 kg/ha contre 3518 kg/ha pour le F2).

L'effet bloc est non significatif.

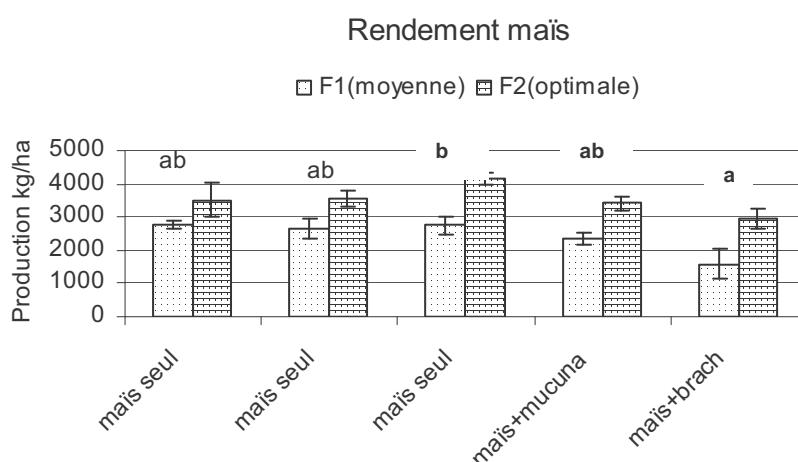


Figure 36. Effets des systèmes de culture sur le rendement grain du maïs à Farako.

En conclusion on peut retenir :

- l'effet de compétition entre les plantes de couverture et le maïs ;
- la bonne réponse du maïs à la fertilisation organo-minérale.

4.7. Discussion

Les essais ont été conduits sur des sols ferrugineux tropicaux. La structure de ces sols est fragile, avec des potentialités productrices faibles : faible taux de matière organique (dépassant rarement 1 à 2 % et tombant souvent à 0,5%), capacité d'échange cationique faible (entre 2 et 14 méq/100g de sol). La texture de ces sols est sableuse teneur > à 70 %, teneur en argile faible < 10 % et de type kaolinite. Ces sols sont peu structurés, légèrement acides, faibles activités biologiques (Piéri, 1989).

L'évolution de la fertilité de ces sols ferrugineux tropicaux sous culture continue se caractérise par une minéralisation rapide de la matière organique, une faible désaturation du complexe absorbant et une acidification lente des sols liée à l'utilisation des engrais minéraux. Cette dégradation physico-chimique des sols se traduit par une baisse progressive du potentiel de production des cultures (Richard, 1980).

Les systèmes de culture actuellement pratiqués n'assurent qu'une faible protection des sols, malgré les multiples solutions proposées : techniques de travail du sol, recyclage de la matière organique, paillage, apport d'engrais complexe NPK, utilisation des variétés améliorées et protection phytosanitaire etc (Doucouré and Healy, 1999). Le pourcentage de

sol nu exposé aux intempéries atteint près que les 70%. Seulement 30% des superficies cultivées restent couvertes jusqu'au semis (Roose, 2004). La couverture du sol assurée par les végétaux a une importance qui l'emporte sur celle de tous les autres facteurs qui conditionnent l'érosion. Quels que soient l'agressivité du climat, la pente, le type de sol, les phénomènes d'érosion seront médiocres si le sol est couvert à plus de 90% (Roose, 1984). Un paillis couvrant 80% du sol peut réduire l'érosion de 90%. Les surfaces fermées produisent plus rapidement de l'eau libre à la surface du sol qui ruisselle plus facilement. Les mottes > 1 cm sont considérées comme surfaces ouvertes, cependant sur sols cultivés peu stables, ces mottes évoluent très vite en surfaces fermées (battance)

Depuis plus de 20 ans, les pays sahéliens sont soumis à une sévère sécheresse dont les conséquences sont souvent graves (Servat et *al.*, 1997). Les épisodes de sécheresse sont enregistrés pratiquement toutes les années rendant difficile certaines opérations culturales (mise en place des cultures, capsulaison, maturation ...). Ces variabilités climatiques jouent un rôle important dans l'élaboration des rendements des cultures surtout pour le coton et le maïs (Crétenet et *al.*, 1994).

Dans les essais mis en place cette année, la vitesse de levée dans les parcelles en SCV est beaucoup plus rapide que la levée dans les parcelles avec systèmes conventionnels. Cette rapidité dans la mise en place est due à une meilleure disponibilité de l'humidité dans les systèmes SCV. Cette mise en place rapide a permis aux cotonniers de mieux profiter de l'humidité en début de campagne à Finkolo. Dans des études similaires faites au Cameroun, (Soutou, 2004) a montré que l'impact des systèmes SCV est déterminant sur le bilan hydrique final du cotonnier. La réponse du sorgho à la fertilisation a été très faible. Les problèmes de compétitions sont observés sur maïs avec des semis réalisés à la même date avec le *Brachiaria*. Il sera bon de décaler la date de semis de la culture venant en association avec le maïs.

5. ESSAIS CULTURES ASSOCIEES (PROTOCOLE N°4)

5.1. Introduction

L'enjeu d'expérimentations spécifiques sur cultures associées est lié à la nécessité de tenter une intensification d'utilisation du milieu dans un but à la fois d'offrir une biomasse utile (notamment en fourrage) et une biomasse à fonction de maintenance ou de restauration progressive de la fertilité du sol (aérienne et/ou racinaire).

Les nombreux essais réalisés dans de nombreux pays sur ce thème, montrent la difficulté d'un tel sujet lié nécessairement aux nombreuses inter-actions pouvant agir sur l'équilibre des cultures associées (Steiner, 1987). Au Cameroun, il ressort notamment sur « l'association phare céréale-*Brachiaria ruzisiensis* » une forte disparité de résultats suivant le type de la céréale (maïs ou sorgho), le niveau de fertilité de départ, les densités pratiquées, les dates et modes de semis, les modes de gestion des adventices, ... ce qui est impossible à reproduire fidèlement par expérimentation (Naudin et Balarabe, 2003). Nous avons décidé d'imposer pour cette première année certains choix techniques et d'étudier pour compléter les essais précédents, de travailler sur les dates de semis, notamment en essayant de minimiser les risques de compétition de la plante secondaire sur la céréale cultivée.

5.2. Résultats

Les essais ont été conduits avec le maïs, le sorgho et le coton comme cultures principales. Les cultures associées secondaires sont le mil, *Brachiaria ruzisiensis*, *Brachiaria brizantha*, le niébé et le sorgho (voir les Tableaux 45, 46 et 47).

Tableau 45. Traitements testés avec la culture de maïs.

Mil			Brachiaria ruzisiensis			Brachiaria brizantha		
Tem	15 JAS	45 JAS	Tem	0 JAS	15 JAS	Tem	0 JAS	15 JAS
Pas de mil	Mil semé à 15 jours après le maïs	Mil semé à 45 jours après le maïs	Pas de Brachiaria	Brachiaria semé en même temps que le maïs	Brachiaria semé 15 jours après le maïs	Pas de Brachiaria	Brachiaria semé en même temps que le maïs	Brachiaria semé 15 jours après le maïs

Tableau 46. Traitements testés avec la culture de sorgho.

Mil			Brachiaria ruzisiensis			Brachiaria brizantha		
Tem	15 JAS	45 JAS	Tem	0 JAS	15 JAS	Tem	0 JAS	15 JAS
Pas de mil	Mil semé à 15 jours après le sorgho	Mil semé à 45 jours après le sorgho	Pas de Brachiaria	Brachiaria semé en même temps que le sorgho	Brachiaria semé 15 jours après le sorgho	Pas de Brachiaria	Brachiaria semé en même temps que le sorgho	Brachiaria semé 15 jours après le sorgho

Tableau 47. Traitements comparés avec la culture de coton.

Niébé			Mil			Sorgho		
T1	T2	T3	T1	T2	T3	T1	T2	T3
Pas de niébé	Niébé semé à 15 jours après le coton	Niébé semé 30 jours après le coton	Pas de Mil	Mil semé à 15 jours après le coton	Mil semé à 30 jours après le coton	Pas de sorgho	Sorgho semé à 15 jours après le coton	Sorgho semé à 30 jours après le coton

Tableau 48. Synthèse des expérimentations exploratoires sur cultures associées.

Culture principale	Maïs									Sorgho									Coton								
Culture associée	Mil			Brachiaria ruziziensis			Brachiaria brizantha			Mil			Brachiaria ruziziensis			Brachiaria brizantha			Niébé			Mil			Sorgho		
CV variable rendement culture principale	16.3%			16%			16.8%			39.7%			19.5%			10.2%			17.8%			15.2%			36.7%		
Traitements	Tem	15 JAS	45 JAS	Tem	0 JAS	15 JAS	Tem	0 JAS	15 JAS	Tem	15 JAS	45 JAS	Tem	0 JAS	15 JAS	Tem	0 JAS	15 JAS	Tem	15 JAS	30 JAS	Tem	15 JAS	30 JAS	Tem	15 JAS	30 JAS
Production culture principale (grain) en T/ha	2.6	2.5	2.4	2.6a	1.3b	2.3a	2.9	2.3	2.7	1.2	1.1	1.3	1.7	1.3	1.5	1.5	1.6	1.5	1.1	0.7	1.2	1.0a	0.6b	1.0a	1.3	0.8	1.1
Production culture associée (grain) en T/ha	0	faible		0	6.5a	4.4b	0	5.2	faible	0	faible		0	6.3	3.3	0	5.0	faible	0	0.7 ¹	0.3 ¹	faible		0	faible		
Biomasse totale (grain + tiges) en T/ha	6.2	(5.6)	(5.6)	6.2	10.0	9.6	6.3	9.8	(5.7)	8.2	(8.4)	(10.2)	12.0	16.2	13.2	10.0b	16.8a	(9.9)	2.0	3.0	3.3	1.9	(1.2)	(2.0)	2.4	(1.4)	(2.1)
Dispositif avec 3 blocs ; parcelle élémentaire = 24 m². Maïs : composite « débagnuma » ; densité récolte 39.000 p/ha avec % de verse compris entre 11 et 21% ; Sorgho « zarablé » (locale améliorée) ; Mil : « local Sikasso » ; Coton : variété Stam 59A ; Niébé : variété locale Sikasso « grain blanc » ¹ production de graines ; ² production de fanes; Niveau de fertilisation F1 + 2.5 T/ha fumier ; niveau de fertilité sol au départ : faible ; double-scarifiage du sol avant semis ; test statistique au seuil de risque de 5% : deux valeurs affectées de la même lettre ne diffère pas statistiquement.																											

Les résultats obtenus dans le Tableau 48 montrent que certains systèmes de culture n'ont pu être mis en place dans de bonnes conditions, notamment lorsque le mil et le sorgho ont été des cultures associées, en raison de semis qui ont été victimes d'attaques d'oiseaux avant la levée. Ces essais ne seront donc pas commentés.

Les superficies des parcelles élémentaires associées à un nombre réduit de répétitions ont dû être choisies à cause du nombre important de traitements à tester. Nous avons opté cette année pour une série d'essais exploratoires permettant également visuellement d'évaluer la pertinence au non de certains choix. Certains résultats sont intéressants, voir significatifs. De nombreuses différences même importantes se sont révélées non significatives même si les coefficients de variation des essais étaient corrects.

Pour la culture associée du maïs et du *Brachiaria ruzisiensis* on remarquera un effet dépressif significatif très important du semis simultané sur le rendement grain du maïs. Le décalage de 15 jours réduit considérablement la compétition et apporte en même temps une production en *Brachiaria* intéressante.

Pour la culture associée du *Brachiaria brizantha* au maïs on constate un effet dépressif non significatif en cas de semis simultané, moins important que pour l'espèce précédente.

Pour la culture associée du sorgho au *Brachiaria ruzisiensis* on constate un effet dépressif important sur le sorgho en semis simultané et qui s'observe également en semis décalé de 15 jours (non significatif). La production de *Brachiaria* est fortement réduite en semis décalé par rapport au semis simultané (non significatif).

Pour la culture associée du *Brachiaria brizantha* au sorgho, le semis simultané des deux espèces semble intéressant en offrant aucune compétition envers la céréale.

Pour la culture associée du coton au niébé on remarque qu'un semis précoce de la légumineuse 15 jours après celui du coton est fortement préjudiciable à la culture du coton (non significatif mais bien visible sur le terrain). Par contre un semis décalé à 30 jours offre une production en coton identique que celle d'une culture pure avec un rendement complémentaire de 300 kg / ha de graines et 800 kg / ha de fanes de niébé.

5.3. Discussion

Les résultats obtenus confirment en partie ceux obtenus au Cameroun (Naudin et Balarabe, 2003 ; Naudin et Balarabe, 2004) qui pour le maïs déconseillent le semis simultané et préconise un semis décalé du *Brachiaria ruzisiensis*. L'effet dépressif qui semble encore s'exprimer en semis décalé serait certainement lié au très faible niveau de fertilité des sols de Farako, bien inférieur à celui constaté en milieu réel (des signes de carence marquée en N ont été observés dès la levée).

5.4. Perspectives

Les résultats obtenus cette année pour les associations céréales-*Brachiaria*, en milieu réel et en station semblent, en ajoutant les acquis du Cameroun, nous apporter assez d'éléments permettant de définir des itinéraires techniques moyens minimisant les risques de compétition interspécifique :

- avec maïs, qui reçoit toujours une fertilisation en milieu paysan, nous préconisons un semis décalé du *Brachiaria ruzisiensis* de 2 à 3 semaines après celui du maïs ; le semis du maïs devra être précoce, accompagné d'une fertilisation en complexe de manière à pouvoir assurer une avance de la culture ;
- pour le sorgho, semé après le maïs, un semis décalé de 1 semaine du *Brachiaria ruzisiensis* sans aucun apport de fertilisant de synthèse, semble pouvoir assurer une production équivalente de sorgho à celle d'une culture pure et offrir un complément fourrager intéressant.

En 2006, l'accent devra être mis sur les associations de culture du maïs avec des céréales cultivées comme le mil et le sorgho. Il s'agirait en complément d'enquêtes effectuées sur le terrain sur les pratiques paysannes existantes, de tester des modalités de combinaison de dates de semis et d'écartement de lignes du maïs pour une production en lignes alternées. L'objectif de tels systèmes, qui étaient courant en culture manuelle avant l'introduction de la traction animale (Niangado, 1985), serait d'augmenter simultanément les récoltes et la biomasse produite dans un système de rotation biennale coton-maïs qui est actuellement très peu productif en terme de résidus.

Egalement l'association coton-niébé devra faire l'objet de nouvelles expérimentations, en testant d'autres possibilités d'écartements et de dates de semis avec comme objectifs d'éviter tout risque de compétition sur le coton, de maximiser les revenus à l'hectare, ainsi que les sous-produits pour l'élevage. Une attention particulière devra être faite aux aspects sanitaires liés aux applications des insecticides courants pour le cotonnier qui peuvent être toxiques pour l'homme ou l'animal.

Il semble à priori pas intéressant de continuer sur les associations coton-céréales, notamment pour des questions de non complémentarité dans les cycles (assez similaires) et les types de port végétatifs (tous érigés), et la faible marge de main d'œuvre dans les dates de semis. Ces éléments montrent que les risques de compétition interspécifiques sont à craindre et aucun bénéfice ne semble pouvoir être atteint notamment sur le plan sanitaire pour le cotonnier. Des expérimentations récentes (Renou, 2006 ; non publié) montre en effet que la culture intercalaire du maïs, testée en plante piège, ne permet pas d'apporter un bénéfice de réduction notable de la pression en ravageurs sur le cotonnier. Dans d'autres situations, il est cité que le maïs peut dans certains cas protéger le cotonnier contre *Helicoverpa armigera* et dans d'autres entraîner au contraire de graves infestations (Perrin cité par Steiner, 1985).

6. COLLECTIONS / MULTIPLICATIONS PLANTES DE COUVERTURE (PROTOCOLES N° 1 ET 2)

6.1. Introduction

Des très nombreuses expérimentations réalisées dans des écologies similaires, voir au Mali, montrent qu'un nombre réduit de plantes de couverture sont adaptées à des conditions de croissance limitante en zone soudano-sahélienne (contrainte conjuguée d'une longue saison sèche ne permettant pas une pérennisation de l'espèce et d'un faible niveau de fertilité du sol condamnant nombre de légumineuses) (Klein, 1991). Il s'est avéré également que chez des exploitations familiales où la place de l'autoconsommation est importante (la principale fonction de l'agriculture est avant tout de nourrir les personnes y travaillant), qu'il été difficile de proposer des espèces *sensus-stricto* « plantes de couverture », c'est-à-dire qui n'apportent rien à court terme en complément alimentaire ou fourrager.

Une collection et des multiplications d'espèces principalement utiles ont été mise en place en s'inspirant des principaux résultats du Cameroun : *Brachiaria spp.*, *Dolichos spp.*, *Mucuna spp.*, *Vigna unguiculata*, *Cajanus cajan*, ... (Naudin et Balarabe, 2004).

L'introduction d'une nouvelle espèce ou variété étant toujours délicate nous avons également convenu d'opter pour une démarche participative et par des visites d'agriculteurs de les associer aux choix des espèces à tester, et à transférer par la suite certaines activités de multiplication de semences en milieu réel pour une promotion plus large de ces espèces.

6.2. Résultats

L'implantation de cette collection a été effectuée dans des conditions difficiles (semis tardif, pointe de travail). Les résultats mentionnés dans le Tableau 49 suivant indiquent le niveau de rendements moyens des récoltes qui ont pu être effectuées (Farako est notre site qui possède en moyenne les meilleures conditions pluviométriques, notamment avec des pluies de fin de cycle qui sont appréciables pour la production de graines).

Lors des visites effectuées par les agriculteurs une seule espèce a été retenue, *Brachiaria ruzisiensis*, notamment par la réussite de l'implantation d'une parcelle de multiplication de 3.000 m² juxtaposant la collection. De nombreuses questions ont été posées par rapport à cette espèce.

Il a été convenu l'année prochaine de l'implanter en milieu réel sur des parcelles en cultures pures chez des agri-éleveurs.

Cette espèce avait déjà fait l'objet d'expérimentation au sud Mali 15 années auparavant (Hoefsloot et al., 1993). Il ressortait de ces travaux une bonne pérennité de l'espèce en région de Sikasso avec une gestion en coupe et de mise en défens de la parcelle. Dans la région de Koutiala, il apparaissait une moins bonne pérennité de la culture fourragère. Dans toutes les situations le libre pâturage occasionnait une disparition rapide.

6.3. Perspectives

Nous conserverons l'année prochaine les espèces qui se sont avérées productives et nous éliminerons les autres de manière à diversifier nos introductions de matériel local (notamment le niébé) et de l'extérieur (d'autres graminées).

Des parcelles de *Brachiaria* (les 2 espèces) seront implantées en milieu réel sous la responsabilité d'agri-éleveurs et nous continuerons à produire des semences de celles-ci.

Tableau 49. Espèces et variétés testées en collection et sélection participative à Farako.

N°	Espèce	Variété	Implantation	Levée	Production
1	<i>Brachiaria ruzisiensis</i>	Courante	graines	lente	200 kg / ha de production en grande parcelle
2	<i>Brachiaria ruzisiensis</i>	Courante	éclats de souche	rapide	semblable à implantation par graines
3	<i>Brachiaria brizantha</i>	Courante	graines	rapide	faible production
4	<i>Brachiaria brizantha</i>	Courante	éclats de souche	lente	semblable à implantation par graines
5	<i>Andropogon gayanus</i>	Haute	éclats de souche	trop tardive	faible production en raison implantation tardive
6	<i>Andropogon gayanus</i>	Basse	éclats de souche	trop tardive	faible production en raison implantation tardive
7	<i>Andropogon gayanus</i>	Australie	graines	faible	production < à variétés locales
10	Banagrass	Cameroun		trop tardive	faible production en raison implantation tardive
11	Mil	Locale Oulélessébougou	graines	faible	attaques avant levée
12	Mil	Locale Fama	graines	faible	attaques avant levée
13	Mil	Sanioni	graines	faible	attaques avant levée
14	<i>Mucuna pruriens</i>	Mali	graines	rapide	variété précoce; 250 kg / ha
15	<i>Mucuna cochinchinensis</i>	Cameroun	graines	rapide	faible; variété tardive
16	<i>Dolichos lablab</i>	Tchad	graines	rapide	faible; variété tardive
17	<i>Dolichos lablab</i>	HighWorth	graines	rapide	variété précoce; 250 kg / ha
18	<i>Dolichos lablab</i>	Mada Blanc	graines	rapide	faible; variété tardive
19	<i>Dolichos lablab</i>	Mada Rouge	graines	rapide	faible; variété tardive
20	<i>Vigna unguiculata</i>	Tchad	graines	rapide	variété précoce; 400 kg / ha
21	<i>Vigna unguiculata</i>	Burkina	graines	rapide	faible; variété tardive
22	<i>Vigna unguiculata</i>	Local blanc	graines	rapide	faible; variété tardive; 80 kg
23	<i>Vigna unguiculata</i>	Local rouge	graines	rapide	faible; variété tardive 80 kg
24	<i>Crotalaria retusa</i>	Cameroun	graines	rapide	faible; variété tardive
25	Poids d'Angole	Bénin 86012	graines	rapide	faible; variété tardive
26	Poids d'Angole	Bénin 88039	graines	faible	faible; variété tardive
27	Poids d'Angole	Local	graines	faible	faible; variété tardive
28	Poids d'Angole	Afrique de l'est	graines	rapide	faible; variété tardive
29	Poids d'Angole	Réunion	graines	faible	faible; variété tardive
30	Poids d'Angole	Mayotte	graines	faible	faible; variété tardive
31	<i>Eleusine coracana</i>	Cameroun	graines	rapide	150 kg/ha
32	<i>Eleusine coracana</i>	Cameroun	graines	rapide	150 kg/ha
33	<i>Eleusine coracana</i>	Cameroun	graines	rapide	80 kg/ha
34	<i>Eleusine coracana</i>	Cameroun	graines	rapide	80 kg/ha
35	<i>Eleusine coracana</i>	Cameroun	graines	rapide	80 kg/ha
36	<i>Eleusine coracana</i>	Cameroun	graines	rapide	40 kg/ha
37	<i>Eleusine coracana</i>	Cameroun	graines	rapide	80 kg/ha
38	<i>Eleusine coracana</i>	Cameroun	graines	rapide	120 kg/ha
39	<i>Eleusine coracana</i>	Cameroun	graines	rapide	250 kg/ha
40	<i>Eleusine coracana</i>	Cameroun	graines	rapide	120 kg/ha
41	<i>Eleusine coracana</i>	Cameroun	graines	rapide	150 kg/ha

1 parcelle élémentaire par espèce ; la taille de la parcelle a varié selon l'intérêt de l'espèce entre 300 et 10 m².

7. PAILLAGE / DATES DE SEMIS (PROTOCOLE N°5)

7.1. Introduction

Un des effets majeurs escomptés dans la conservation de résidus sur la parcelle est notamment par une meilleure conservation de l'eau de pluies par effet de limitation du ruissellement et de limitation de l'évapotranspiration du sol, d'avoir en phase d'installation des cultures une humidité du sol plus constante permettant d'avoir des chances de réussite de la période semis-levée plus élevées, notamment pour la culture du coton.

Un premier essai conduit cette année sur cette problématique s'est concentré sur l'effet d'une importante couverture du sol sur la levée des 3 principales cultures, coton, maïs et sorgho, c'est-à-dire l'effet potentiel d'une couverture sur la levée des cultures par limitation de l'évapotranspiration du sol.

4 dates de semis avaient été retenues et devaient être réalisées dès l'apparition à partir du mois de mai d'une pluie importante (20 mm).

7.2. Résultats

Le dispositif choisi est un split-plot à 3 facteurs et à 3 répétitions :

- le facteur principal est la date de semis ;
- le facteur secondaire la couverture du sol ;
- le troisième facteur la culture.

Nous avons utilisé de la paille achetée dans les villages, normalement destinée à la confection des toits des maisons (notamment graminées des genres *Pennisetum* et *Andropogon*).

Pour choisir les quantités à appliquer nous avons au préalable réalisé une abaque estimant le taux de couverture du sol en fonction d'une quantité de pailles données (voir Figure 37).

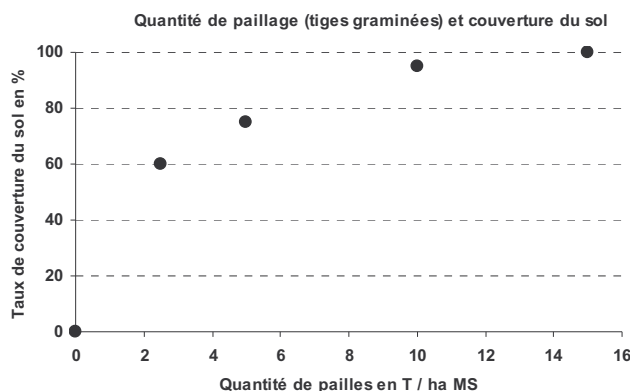


Figure 37. Estimation du taux de couverture graminées locales en fonction de la quantité apportée.

Les résultats mentionnés dans la Figure 38 concernent le % de levée à 7 jours après le semis. Nous remarquons premièrement que les différentes dates semis effectuées (du 6 juin au 6 juillet) ont été bien plus tardives que prévues. Pour cette raison elles ont été appliquées de manière arbitraire tous les 10 jours de manière à ne dépasse une date limite de semis (qui a été fixée au 6 juillet). Ainsi aucun effet significatif de l'interaction entre les différents facteurs est apparu.

Avec ces difficultés se sont ajoutées des problèmes de déterrement des graines par les oiseaux.

On observe cependant un effet de la couverture du sol (Figure 38) avec les 2 premières dates de semis :

- pour celle du 6 juin une meilleure levée a été constatée sur le maïs à doses croissantes de paillage ;
- pour celle du 16 juin une meilleure levée a été constatée pour le coton en présence d'une couverture du sol.

Pour les autres dates et pour la culture de sorgho aucun effet n'a pu apparaître.



Figure 38. Pourcentage de levée sur un essai faisant varier la quantité de pailles (0, 5 et 10 tonnes / ha) pour le semis de 3 cultures à 4 dates différentes ; dispositif en split-plot à 3 niveaux et 3 répétitions.

7.3. Discussion

Les résultats escomptés sur cette problématique n'ont pu être atteints en raison d'une mise en place tardive et de semis non représentatifs d'un calendrier cultural habituel. Il conviendrait également de tester plus globalement l'état de surface du sol et le précédent cultural. En effet en milieu réel dans le cas de semis-direct il apparaît une problématique de savoir s'il faut semer au sommet ou au fond du reliquat de billons.

Ainsi au Cameroun dans l'extrême-nord à pluviométrie plus rare, le semis-direct au fond du sillon est préconisé (Naudin, 2005).

7.4. Perspectives

Nous allons en 2006 se concentrer sur l'effet de la couverture du sol sur la levée de la culture du coton. Dans ce cas des semis entre le mois d'avril et le mois de mai pourraient être tentés en rajoutant des délais de semis après une forte pluie (1 jour, 2 jours, 3 jours). Il conviendrait de suivre le devenir de la levée sur une période d'au moins 15 jours et ensuite par simulation avec une base de données pluviométriques d'établir des probabilités de réussite de semis sur une plus longue période.

8. TESTS SEMOIRS (PROTOCOLE N°3)

8.1. Introduction

Le semis-direct nécessite un matériel spécifique approprié. Le matériel de semis utilisé par les agriculteurs en traction animale ne permet qu'un semis-direct sur des reliquats de billons de la campagne précédente avec de petites graines nécessitant un faible enfouissement (mil, sorgho) et en l'absence des résidus de culture à la surface du sol (Annexe 13.4).

Il s'agit dans ce premier test de comparer différents types de semoir adaptés à la culture attelée et à la culture manuelle, qui puissent permettre un enfouissement satisfaisant des graines des principales cultures (coton, maïs, sorgho, mil). Il reste à définir les avantages et contraintes spécifiques de ces différents matériels.

Dans la sous-région tous ces semoirs ont été au moins essayés une fois (Annexe 13.4).

Le prototype de l'AFDI/CEMAGREF (Centre de Machinisme Génie Rural et Eaux et Forêts) avait fait l'objet d'une démonstration en milieu paysan par des agriculteurs de l'AFDI au niveau du village de Mandela.

La roue semeuse avait déjà été essayée au sein d'un dispositif de recherche-action pour des systèmes de culture à base de riz pluvial en Côte d'Ivoire (Autfray, 1997).

Le semoir-épandeur Fitarelli a été introduit au Burkina-Faso et a fait l'objet de calibrage dans un village test en présence de responsables de la recherche et de la vulgarisation (Ashburner, 2004 ; Bozza, 2004). La canne planteuse a été testée au niveau de l'équipe ESPRGN de l'IER à Sikasso.

Malheureusement l'arrivée tardive des semoirs Brésiliens n'a pas permis de pouvoir les tester dans de bonnes conditions et d'effectuer des tests concluants au champ avec une pluviométrie suffisante. Les résultats obtenus cette année concerne essentiellement la prise en main de ce type de matériel et le calibrage des différents semoirs.

8.2. Résultats

8.2.1. Les semoirs testés

Les caractéristiques des 4 types de matériel testés sont mentionnés dans le Tableau 50.

Tableau 50. Les semoirs de semis-direct testés à Farako.

Caractéristique	Prototype AFDI	Roue semeuse	Semoir/Epandeur Fitarelli	Canne planteuse
Utilisation	Attelage	Manuel	Attelage	Manuel
Origine	AFDI/CEMAGREF	Artisan Brésil	Firme semi-industrielle	Firme semi-industrielle
Coût estimé en FCFA (lieu de production)	300.000 FCFA	50.000 FCFA	120.000 FCFA	15.000 FCFA
Historique	Modèle testé en milieu paysan au Mali par AFDI depuis l'année dernière	Modèle testé dans différents pays	Modèle diffusé au Brésil ; testé en 2004 au Burkina-Faso	Modèle diffusé en Brésil ; testé au Mali par IER/ SPGRN
Avantage	Adapté aux fortes couvertures de sol	Maniable et rustique	Localisation de l'engrais à côté des semences	Faible coût Localisation de l'engrais à côté des semences
Contrainte	Double-rang : nécessite un sol plat ; Lourd	Pas adaptée aux fortes couvertures de sol	Sa reproduction au Mali n'est pas assurée	Pénibilité du travail Sa reproduction au Mali n'est pas assurée

8.2.2. Cultures et semences testées

Nous avons décidé de tester les semoirs avec différents types de graines (Tableau 51). Pour le coton nous avons choisi de travailler avec des graines délintées pour ne pas entraver les différents mécanismes de distribution de semoir.

Tableau 51. Caractérisation des semences utilisées.

Semences	Poids 1000 grains
coton délinté	60
maïs grain	304
sorgho	22
mil	14

8.2.3. Le semoir-épandeur attelé Fitarelli (Brésil)

Tableau 52. Etalonnage du semoir-épandeur attelé Fitarelli pour les semences de coton délinté (1 répétition par réglage ; pour un écartement entre lignes de semis de 0.8 m).

Nombre de trous sur le distributeur	Diamètre des trous en mm	Quantité semences / Ha			Quantité de graines / Ha		
		Petit pignon	Moyen pignon	Grand pignon	Petit pignon	Moyen pignon	Grand pignon
86	5.5	5.4	5.4	3.2	90 611	90 111	54 081
86	9	16.9	24.8	32.1	282 035	413 099	535 388
62	7.5 x 11	11.5	16.1	16.0	191 781	267 551	266 410
28	11	7.0	9.6	12.8	115 868	159 175	212 614
28	13 x 9	7.9	12.2	19.9	131 564	203 838	330 908
28	12	9.4	14.2	18.0	156 535	237 372	300 656
28	10.5 x 13.5	11.0	16.6	19.1	183 647	276 755	318 636
	10.5 x 15	11.8	16.7	23.5	196 490	279 038	391 624

Les résultats d'étalonnage du semoir-épandeur attelé Fitarelli indique pour le coton (Tableau 52) la faisabilité de semis de cette culture avec des graines délintées avec notamment le distributeur à 28 trous, de diamètre 11 avec le petit ou le moyen pignon. Le choix du pignon peut permettre de réguler le nombre de poquets sur la ligne.

Tableau 53. Etalonnage du semoir-épandeur attelé Fitarelli pour les semences de maïs (1 répétition par réglage ; pour un écartement entre lignes de semis de 0.8 m).

Nombre de trous sur le distributeur	Diamètre en mm	Quantité semences / Ha			Quantité de graines / Ha		
		Petit pignon	Moyen pignon	Grand pignon	Petit pignon	Moyen pignon	Grand pignon
86	5.5	0	0	0	0	0	0
86	9	20	23	40	64 297	76 520	132 508
62	7.5 x 11	12	18	26	40 189	60 805	87 151
28	11	10	15	18	31 782	48 976	58 650
28	13 x 9	12	17	22	39 513	56 932	72 408
28	12	12	18	23	39 344	58 030	74 281
28	10.5 x 13.5	13	19	24	43 217	62 832	79 477
28	10.5 x 15	16	23	33	53 721	74 886	107 077

Pour le maïs (Tableau 53) la gamme de possibilités de grilles de distributeur est plus étendue.

Tableau 54. Etalonnage du semoir-épandeur attelé Fitarelli pour les semences de sorgho (1 répétition par réglage ; pour un écartement entre lignes de semis de 0.8 m).

Nombre de trous sur le distributeur	Diamètre en mm	Quantité semences / Ha			Quantité de graines / Ha		
		Petit pignon	Moyen pignon	Grand pignon	Petit pignon	Moyen pignon	Grand pignon
86	5.5	38	33	42	2718628	2356287	3003608
86	9	25	54	74	1760641	3828889	5273667
62	7.5 x 11	28	36	55	1991805	2592955	3941720
28	11	12	17	28	827727	1246942	2012904
28	13 x 9	17	25	25	1184870	1820267	1806813
28	12	21	24	28	1466793	1707742	1980186
28	10.5 x 13.5	19	26	30	1368640	1848704	2141328
28	10.5 x 15	25	29	35	1785103	2094851	2517123

Pour le sorgho (Tableau 54), il semblerait que les distributeurs aient des grilles de distributeur ayant des diamètres trop importants. Des modifications seraient à apporter pour pouvoir semer avec des quantités de graines satisfaisantes.

Tableau 55. Etalonnage du semoir-épandeur attelé Fitarelli pour les semences de mil (1 répétition par réglage ; pour un écartement entre lignes de semis de 0.8 m).

Nombre de trous sur le distributeur	Diamètre en mm	Quantité semences / Ha			Quantité de graines / Ha		
		Petit pignon	Moyen pignon	Grand pignon	Petit pignon	Moyen pignon	Grand pignon
86	5.5	22	33	43	985 562	1 522 416	1 941 547
86	9	39	62	73	1 760 780	2 818 143	3302849
62	7.5 x 11	29	38	83	1 314 991	1 718 555	3 750 195
28	11	15	17	28	701 276	763 932	1 282 106
28	13 x 9	16	25	46	723 070	1 158 351	2 094 879
28	12	19	24	31	872 509	1 086 745	1 390 878
28	10.5 x 13.5	16	26	29	705 363	1 176 448	1 338 341
28	10.5 x 15	20	29	60	922 712	1 333 087	2 710 539

Pour le mil (Tableau 55), les quantités de semences utilisées sont comme pour le sorgho bien trop importantes.

Tableau 56. Etalonnage du semoir-épandeur attelé Fitarelli pour l'engrais complexe (3 répétitions par type de réglage ; pour un écartement entre lignes de semis de 0.8 m).

Réglage	Poids en kg engrais complexe
Petit débit	79.4
Gros débit	147.1

L'étalonnage du semoir avec l'utilisation d'engrais complexe montre que le réglage sur « gros débit » permet une application de complexe pour un écartement moyen de 0.8 m entre les lignes qui correspond aux quantités habituellement vulgarisées par la recherche pour la culture de coton (autour de 150 kg / ha) (Tableau 56). Pour la culture de maïs les doses recommandées de 100 kg / ha sont un peu supérieures à celles obtenues avec la position « petit débit ».

8.2.4. La canne planteuse/épandeur Fitarelli (Brésil)

Tableau 57. Etalonnage de la canne planteuse/épandeur Fitarelli (1 répétition par type de réglage) ; pour un écartement intra-poquets de 30 cm pour le coton et 50 cm pour les céréales avec un écartement entre lignes de semis de 80 cm.

Semences	Ouverture	Kg / ha	Quantité de graines / Ha
coton délinté	1	11.2	186 806
coton délinté	2	41.5	692 361
coton délinté	3	75.5	1 258 681
coton délinté	4	250.6	4 176 389
maïs	1	0.0	0
maïs	2	13.4	44 202
maïs	3	25.4	83 429
maïs	4	76.8	252 590
sorgho	1	7.1	323 864
sorgho	2	18.4	836 932
sorgho	3	164.6	7 482 955
sorgho	4	388.1	17 642 614
mil	1	35.2	2 516 071
mil	2	37.3	2 665 179
mil	3	309.7	22 117 857
mil	4	448.4	32 029 464

Nous remarquons dans le Tableau 57 suivant que la canne planteuse est surtout adaptée au semis du maïs.

Tableau 58. Etalonnage de la canne planteuse/épandeur Fitarelli pour l'engrais complexe (1 répétition par type de réglage) ; écartement intra-poquets de 30 cm pour le coton et 50 cm pour les céréales avec un écartement entre lignes de semis de 80 cm.

Ouverture	Ecartement 30 cm	Ecartement 50 cm
1	45 kg/ha	27 kg/ha
2	112 kg/ha	67 kg/ha
3	184 kg/ha	111 kg/ha

Dans le Tableau 58 on constate que la canne planteuse peut pour la culture de maïs avec un écartement de 50 cm entre poquets avec une ouverture au niveau 3 apporter avec un écartement de 50 cm entre poquets avec une ouverture au niveau 3 apporter une quantité d'engrais complexe proche de celles vulgarisées (100 kg / ha).

8.2.5. La roue semeuse Von Arragon (Brésil)

Tableau 59. Etalonnage de la roue semeuse (1 répétition par type de réglage) ; écartement entre lignes de semis de 80 cm.

Semences	Diamètre (mm)	Kg / ha	Quantité graines / ha
coton délinté	10	14.4	240 278
coton délinté	14	26.0	433 542
coton délinté	20	40.3	670 833
sorgho	5	25.2	1 147 538
sorgho	10	33.2	1 511 174
sorgho	14	51.2	2 327 841
sorgho	20	86.4	3 927 841
maïs	10	13.5	44 463
maïs	14	29.9	98 287
maïs	20	35.4	116 406
mil	5	14.1	1 004 762
mil	10	46.9	3 349 702

Nous remarquons sur le Tableau 59 que la roue semeuse ne semble à priori adaptée qu'à la culture de maïs.

8.3. Discussion

Le prototype de l'AFDI n'a pu être calibré et nous pensons qu'il n'est pas adapté en raison notamment de son poids à la traction animale. Il exige d'autre part un sol plat exempt de reliquats de billons pour pouvoir bien être utilisé.

C'est le semoir-épandeur attelé Fitarelli qui présente le plus d'intérêt notamment avec la possibilité de bien maîtriser les semis et l'épandage de complexe associé sur les cultures de coton et de céréales. La CMDT aimerait passer au délintage des semences pour réduire les

quantités de semences à distribuer aux agriculteurs. Egalement il est envisagé par la CMDT de proposer aux agriculteurs une application de leur complexe sur coton et céréales au moment du semis (recommandation de l'IER). La CMDT a par ailleurs demandé à l'équipe ESPRGN de Sikasso de fabriquer des semoirs-épandeurs attelés avec cet objectif.

La canne planteuse a pour l'instant un intérêt limité et pourra être proposée à des agriculteurs voulant tester le semis de maïs en présence de résidus sur le sol avec la possibilité de semer précocement dans les inter-billons.

La roue semeuse n'offre pas de réel potentiel d'utilisation dans l'immédiat mais pourrait être testée pour des semis de petites graines (sorgho, mil) au sommet du billon débarrassé d'une forte présence de résidus.

8.4. Perspectives

Le semoir-épandeur attelé Fitarelli, dont 6 exemplaires sont actuellement au Mali, a déjà fait l'objet de petits tests au niveau des villages partenaires. Des transformations ont déjà été effectuées par certains agriculteurs. Sa reproduction partielle avec importation des pièces délicates depuis le Brésil est envisagée auprès d'un atelier local de forgerons (« Kéné Forge »). Un semoir a été mis à la disposition d'un forgeron de Nankorola pour voir s'il serait possible de le reproduire totalement avec des matériaux locaux.

Il conviendrait également dans une optique d'avoir des semoirs plus simples et moins coûteux, sans épandeur d'engrais qui alourdit le système, de transformer le semoir local pour un semis de coton avec des graines non-délimitées et du mil et du sorgho, en s'inspirant du semoir Fitarelli : rajout d'un disque à l'avant pour trancher la végétation, d'un soc juste derrière pour ouvrir la raie de semis, transfert du réservoir de semences au milieu, confection de roues plus hautes.

9. CONCLUSION GENERALE

9.1. Synthèse des résultats expérimentaux

En première année, l'effet SCV lié à une présence significative de couverture végétale sur le sol au moment du semis, n'a pas bien pu s'exprimer en milieu réel du fait d'une négociation tardive des parcelles auprès des agriculteurs (mars 2005). Cela n'a pas permis d'avoir une quantité de résidus suffisante sur la parcelle. La mise en place tardive de notre équipe sur le terrain (fin du mois de mai) a été parfois préjudiciable à la réussite de semis précoces.

Des résultats techniques très intéressants ont été obtenus sur coton implanté en semis-direct au sommet de reliquats de billons de la campagne précédente après une culture de céréales. Avec une quantité limitée de résidus de culture à laquelle il faut ajouter celle des adventices, soit une couverture inférieure ou égale à 50% à l'échelle de la parcelle (avec en général des sommets de billons nus et une forte concentration de résidus au niveau des interbillons), nous avons obtenu sur coton des rendements du même ordre de grandeur pour des mêmes dates de semis, qu'en systèmes avec travail du sol (scarifiage ou labour).

En ajoutant des pailles extérieures nous avons pu sur certains traitements couvrir le sol suffisamment et atteindre des couvertures supérieures ou égales à 70%. En associant à cette bonne couverture de sol un semis précoce (15 jours avant le semis avec travail du sol) des gains importants en rendement, en marge nette et en Valorisation de la Journée du Travail ont été obtenus, comme à Dafara chez les 2 agriculteurs. L'origine de ces meilleurs rendements est liée à un nombre de capsules et un poids de capsules plus important, donc avec un effet situé plutôt en fin de cycle, sur les conditions d'alimentation hydrique et minérale (en supposant l'effet des adventices et des prédateurs du cotonnier identique sur tous les traitements).

En station un autre effet est apparu sur la densité récoltée, plus forte avec couverture du sol en semis-direct que sur sol nu travaillé, en relation avec une meilleure conservation de l'eau en surface en début de cycle, qui a engendré des conditions de levée plus favorable (dont une vitesse de levée plus rapide). Des résultats significatifs ont été également obtenus en cours de cycle montrant que l'effet SCV par effet conjugué de semis plus précoce et de couverture de sol, améliorerait tout au long du cycle cultural les autres composantes de rendement du cotonnier.

Sur céréales, la mise en place en milieu réel a été effectuée avec le même précédent que pour celui du coton (céréale), avec un semis manuel au sommet des anciens billons. Les résultats ont été généralement moins bons en SCV qu'en systèmes conventionnels en raison de quelques facteurs défavorables qui ont pu parfois se cumuler :

- semis effectués à la même date qu'en systèmes conventionnels et perte d'effet semis précoce ;
- gestion de l'enherbement de flore graminéenne plus difficile avec une céréale qu'avec du coton ;
- problème de verse sur maïs pour un semis au sommet de reliquats de billons, sans aucun buttage par la suite ;
- compétition interspécifique entre maïs et plante de couverture (*Brachiaria ruzisiensis*).

Tous ces enseignements, enrichis de résultats en station, nous permettent de définir des ajustements techniques qui seront proposés l'année prochaine aux agriculteurs :

- semis précoces effectués dans les interbillons ;
- utilisation d'herbicides spécifiques en présence de *Rottboellia* (Stomp) ;
- décalage des semis de la céréale et du *Brachiaria* (1 semaine pour le sorgho ; 2 semaines pour le maïs) ;

- en première année destruction des billons préexistants avant de passer aux SCV (pour éviter notamment la verse) ;
- réaliser un seul travail du sol dans les SCV, un buttage, de manière à éviter la verse et à réaliser un contrôle des adventices (pour éviter des traitements herbicides de post-levée) ;
- diversification des cultures associées en s'inspirant notamment de pratiques locales (niébé, sorgho, mil avec maïs).

9.2. Synthèse des enquêtes, visites, débats et éléments de réflexion

En synthétisant les données obtenues cette année et les nombreux débats qui ont eu avec les agriculteurs, responsables d'OP, responsables du développement et agronomes, nous avons essayé de définir quels sont pour notre équipe aujourd'hui les atouts et les contraintes pour l'adoption aux SCV dans notre zone d'étude (Tableau 60).

Tableau 60. Atouts et contraintes aux SCV au Mali en zone cotonnière.

Domaine	Atouts	Contraintes
Intégration agriculture-élevage	<ul style="list-style-type: none"> - Les agriculteurs sont aussi éleveurs et peuvent réserver leurs parcelles à leurs animaux - Disponibilité en fumure organique - Traction animale généralisée ainsi que le transport à la charrette 	<ul style="list-style-type: none"> - Pâturage libre des parcelles - Prélèvements de résidus de récolte pour l'élevage - Poids important de l'élevage dans les revenus agricoles
Mécanisation	<ul style="list-style-type: none"> - Réseau de forgerons fabriquant du matériel agricole 	<ul style="list-style-type: none"> - Matériel agricole existant fait pour des systèmes avec travail du sol
Maîtrise technique	<ul style="list-style-type: none"> - Bon niveau de technicité agricole lié à la pratique de la traction animale et de la culture du coton - Généralisation de la rotation culturale 	<ul style="list-style-type: none"> - Développement récent des programmes herbicides
Pratiques actuelles	<ul style="list-style-type: none"> - Evolution vers un travail du sol simplifié - Insertion dans les rotations de cultures produisant beaucoup de résidus (sorgho, mil) - En systèmes conventionnels contraintes de pointes de travail en phase d'implantation des cultures 	<ul style="list-style-type: none"> - Fréquence de la rotation coton-maïs qui produit et laisse peu de résidus - Réduction des quantités d'intrants appliquées suite à baisse du prix d'achat du coton - Coût faible de l'utilisation de la traction animale (main d'œuvre familiale)
Climat	<ul style="list-style-type: none"> - Potentiel d'amélioration important de la phase d'implantation des cultures par la maîtrise du semis-direct ; gains de rendement liés au semis précoce 	<ul style="list-style-type: none"> - Courte saison des pluies qui limite les possibilités d'intercultures et de cultures en relais
Sol	<ul style="list-style-type: none"> - Potentiel d'amélioration important du taux de matières organiques des sols par conservation des résidus - Forte activité biologique en saison sèche des termites qui permet un fractionnement préalable des résidus grossiers (tiges de sorgho, mil) et un enfouissement au sol 	<ul style="list-style-type: none"> - Faible structure et redressement physique de la fertilité qui peut-être long à établir

En terme de contrainte, la présence de l'élevage apparaît bien évidemment comme source multiple de prélèvements de biomasse sur la parcelle. Il a été montré à l'échelle du terroir une relation entre la quantité de résidus de tiges de céréales présente sur les parcelles et l'importance de l'élevage (Kanté, 2001). Il s'agit là d'un défi majeur pour notre projet notamment dans les zones où la ressource fourragère est rare d'autant que l'élevage semble jouer un rôle de plus en plus important sur le plan économique dans les exploitations cotonnières.

Egalement il apparaît que l'utilisation des herbicides est bien moindre qu'au Cameroun même si sa fréquence d'utilisation dans les parcelles est semble t'il en évolution croissante. A ce titre le sous-dosage des herbicides qui semble largement pratiqué serait également lié à une stratégie des agriculteurs de freiner leur développement en période de pointe de

travail, en préalable à une intervention mécanique en culture attelée ou en sarclage manuel (Breman et Sissoko, 1998).

En terme d'atout principal on signalera le bon niveau technique des agriculteurs de la zone cotonnière avec la généralisation de rotations culturales à base de coton-céréales. La forte proportion de céréales traditionnelles à faible rapport « grain/tiges » et à forte production de biomasse aérienne et racinaire, comme le mil et le sorgho sont des atouts importants, pour envisager un premier niveau de SCV sans bouleversement radical des pratiques. Dans la région de Koutiala Kanté (2001) cite des rapports tige/grain de 1.6 pour le maïs, 3.8 pour le sorgho et 5.1 pour le mil. Les pailles de céréales dans le cas où elles sont actuellement enfouies partiellement ou brûlées pourraient être laissées sur place et offrir une quantité de biomasse autour de 3 T MS / ha au moment du semis (Kanté, 2001 ; Dugué, 1999). Elles résistent relativement bien à la dégradation biologique par les termites et au surpâturage des bovins. Elles sont réputées être d'excellents précédents culturaux par leurs puissants systèmes racinaires capables de mobiliser en profondeur les éléments minéraux (Charpentier, 1999). Elles répondent par ailleurs moins à la fertilisation minérale que le maïs. Les méthodes de récolte actuelles concentrent par ailleurs ces tiges dans les inter-billons, ce qui peut créer localement des zones à biomasse supérieures à 10 T MS / ha qui peuvent devenir des lieux d'implantation privilégiés des semences (photographie Annexe 13.1). La seule contrainte à ce niveau semble être l'adaptation de semoirs capables de trancher la végétation et de pouvoir créer une ligne de semis de quelques centimètres de profondeur.

L'importance de cette option de conservation des résidus de récolte au niveau de la parcelle sur le bilan organique est bien montré par les résultats de ces expérimentations pérennisées (Tableau 61). On constate ainsi que seuls les systèmes de culture où les résidus de récolte sont conservés permettent le maintien ou une augmentation du taux en matières organiques que l'on sait qu'il est primordial à conserver pour de nombreuses raisons. Il est intéressant de noter que même en apportant des quantités non négligeables de fumier, ce taux ne permet pas d'être conservé. Cela est certainement lié à la faiblesse de la teneur en C des apports de fumure organique (5% pour les ordures ménagères ; 12% pour de la fumure de parc ; résultats non publiés) alors que les teneurs en C des pailles sont constantes et élevées (autour de 45%). On relève également une contrainte en terme de pénibilité de travail et de disponibilité de main d'oeuvre pour produire suffisamment de fumure organique (Deveze et Des Fontaines, 2005). Kanté (2001) évalue à environ 100 jours / ha le temps passé pour produire et apporter 20 à 30 T / fumier sur un hectare (pratique la plus répandue d'un apport massif sur 50% d'une parcelle, sur la partie généralement la moins fertile).

Tableau 61. Evolution du taux en matières organiques du sol de 1970 à 1980 dans une rotation coton-sorgho-arachide à N'Tarla (d'après Kanté, 2001) ; sur 0 à 40 cm.

Traitement	Sans résidus	Avec résidus
Témoin	-46%	+6%
Fumier (15 t / 3 ans)	-27%	+16%
Engrais	-45%	+3%
Engrais + Fumier	-24%	+10%

Nous avons ainsi réfléchi aux types de SCV qui pourraient être à court terme à tester d'ici 2007 et les options principales choisies (Tableau 62). Nous avons opté pour une valorisation maximale des pratiques paysannes existantes et un certain savoir-faire qui semble avoir disparu avec l'introduction de la culture attelée. L'augmentation de la production de biomasse au niveau de la parcelle constitue un deuxième niveau d'innovation (le premier étant le semis-direct avec conservation des résidus existants) en associant à des cultures principales des cultures associées à valeur ajoutée qui jouera le rôle de plante de couverture pendant une partie du cycle culturale ou après la récolte en cas de production de résidus résistants à la dégradation.

Nous avons reporté aussi les différents scénarios possibles de SCV que nous pourrions progressivement implantés à différents niveaux d'échelle (Tableau 63).

Enfin dans le Tableau 64 nous avons défini quels étaient nos principaux questionnements en matière de recherche et d'action.

Tableau 62. Quels types de SCV à court terme pour la zone cotonnière du sud-Mali ?

Domaine	Options envisagées	Justification
Plantes de couverture	- Plantes utiles : fourragères ou alimentaires	- Satisfaire les besoins des agriculteurs à court terme
Gestion de la fertilité des sols	- Partir d'un niveau de fertilité satisfaisant par apport massif de fumure organique (pratique paysanne) - Entretenir ce niveau par des apports répétés de résidus	- Les SCV ne pourront pas à eux seuls redresser rapidement la fertilité des sols - La biomasse au semis des SCV ne permettra pas une couverture totale du sol
Maîtrise de l'érosion	- Conservation des reliquats de billons et de résidus de culture : au minima ceux restant après divagation	- Possibilités de semis dans les inter-billons concentrant l'humidité du sol et la présence de résidus
Gestion de l'enherbement	- Associer traitements chimique, mécanique et manuel - Utiliser le buttage dans les SCV	- Moindre dépendance vis-à-vis des herbicides : économie d'intrants, valorisation de la main d'œuvre familiale - Eviter les risques de verse des céréales
Relation agriculture-élevage	- Augmenter la biomasse produite au niveau de la parcelle ; une partie pour l'élevage et une partie pour les agriculteurs	- Négocier avec les agriculteurs la gestion des résidus sur la parcelle selon les cultures : quantités à prélever, pâturage individuel, pâturage collectif

Tableau 63. Les différents scénarios testés par le Projet SCV en milieu réel et en station (pour les court, moyen et long terme).

Type	Description	Cible
SCV totalement protégé avec résidus totalement conservés	- Protection par des haies vives ou mortes ou du barbelé	- Expérimentation comme outil pédagogique sur le potentiel SCV
SCV totalement protégé avec résidus partiellement prélevés	- Protection par des haies vives ou mortes	- Chez des agriculteurs possédant des troupeaux et réalisant habituellement des stocks fourragers
SCV protégé contre vaine pâture collective	- Protection par des haies vives ou mortes	- Chez des agriculteurs possédant des troupeaux et voulant gérer leur ressource fourragère
SCV non protégé	- Libre divagation des animaux - Nécessité d'avoir des cultures de mil ou sorgho dans la rotation	- Pour tous les autres types d'agriculteurs

Tableau 64. Les principales questions posées par la création de SCV.

Questions posées	Solutions		Conditions
	a- maîtrise de la divagation de animaux à l'échelle d'une région	b- zones de cultures concentrées	
1. Comment garder un minimum de résidus sur la parcelle ?	c- protection au niveau de l'exploitation		a- respect d'un code rural de gestion des ressources naturelles b ₁ - faible UBT / zones pâturées b ₂ - consensus au niveau du village
	d- protection au niveau du terroir		c- volonté d'intensifier l'élevage (lait, viande) ; superficie exploitation / UBT suffisante
	e- résidus non appréciés		d ₁ - parcours de transhumance extérieure d ₂ - forte proportion d'agrieleveurs et consensus collectif
			e- introduction dans les systèmes de culture de plantes associées non appréciées ayant si possible des effets à court terme (allélopathie, restructuration du sol,)
	a- effet sur le ruissellement : à partir de 1.5 T MS / ha de pailles de céréales		a- facile à réaliser dans des zones peu saturées
2. Quelle quantité minimale de résidus (et de quel type) pour escompter un effet immédiat sur la parcelle ?	b- effet sur l'évaporation du sol : au moins 50% de couverture, c'est-à-dire > 5 T MS / ha de résidus		b ₁ - nécessite une proportion minimale de céréales dans l'assolement > ou = à 50% ou l'introduction d'une plante de couverture b ₂ - nécessite une augmentation de la biomasse produite et/ou, une résistance des résidus à la l'action de la macrofaune et des microorganismes du sol : tiges de sorgho/mil
	c- effet sur l'offre en N du sol ; résidus riches en N (%N > 2%)		c- insertion dans les systèmes de culture de légumineuses fixant spontanément : parties aériennes garder sur le sol
	a- à la récolte ; coucher les tiges de sorgho/mil sur la parcelle faciliter la fragmentation des résidus par la faune du sol et leur gestion au moment du semis b- résidus de coton mis entre les billons c- laisser un maximum de résidus de récolte de maïs en place		a- que le changement des pratiques ne soit pas une contrainte b- aucune conséquence phytosanitaire pour le cotonnier c- diversifier les méthodes de récolte
3. Comment gérer ces résidus ?	b- avant semis les résidus peuvent être concentrés ou répartis de façon homogène		b- éventuels surcoûts de travail à évaluer
	c- semoirs spécifiques		c- introduction, reproduction et diffusion de matériel de semis adapté à la traction animale et à la culture manuelle
4. Quels rôles les résidus peuvent jouer dans le bilan organo-minéral des sols ?	a- comparaison entre apports C et minéraux des pailles de céréales et fumier b- apports de résidus à C/N élevé : nécessité de renforcer l'apport en N de synthèse		a- à vérifier que les apports organiques ne contribuent pas à un stockage en C et N au détriment de la minéralisation à court terme et donc de la production végétale
	a- les semis précoces : facteurs d'augmentation des productions sont facilités par le semis-direct		a- bon niveau de technicité
5 Comment produire un maximum de biomasse en saison des pluies sur la parcelle ?	b- cultures associées : le fait de ne pas cultiver l'interligne facilite la possibilité de culture en association		b- seule solution à priori dans les zones à forte valorisation actuelle de la biomasse (saturation foncière, zones les plus sèches)

10. AUTRES ACTIVITES

10.1. Visites débats avec des agriculteurs

Nous avons résumé dans le Tableau 65 les rencontres collectives organisées que nous avons eu avec les agriculteurs lors de l'année 2005. Ces échanges sont extrêmement importants et permettent d'apporter immédiatement des corrections nécessaires dans les prises de décision sur les orientations techniques de notre projet.

Tableau 65. Résumé des principales visites et débats associant des OP et agriculteurs.

Objet	Lieu / Date	Objectifs
Atelier lancement du Projet SCV	IER Sikasso Mai 2005	<ul style="list-style-type: none"> - Présentation des objectifs du Projet SCV et du partenariat à construire avec les agriculteurs - Débat sur contraintes aux SCV
Semoir de semis-direct AFDI	Village de Mandela (près de Sikasso) Juin 2005	<ul style="list-style-type: none"> - Prototype de semoir de semis-direct - Perspectives de collaboration OP/IER/CIRAD/AFDI
Présentation des activités du Projet SCV au Mali et au Cameroun au CCI de Sikasso	CRA Sikasso Juin 2005	<ul style="list-style-type: none"> - Acquis sur les SCV en zone cotonnière - Similitudes et différences entre Cameroun et Mali - Généralités sur les SCV - Diffusion actuelle des SCV dans le monde tropical
Présentation du Projet SCV au Mali au CCI de Koutiala	Représentation de la CRA de Sikasso à Koutiala Juillet 2005	<ul style="list-style-type: none"> - Débat sur atouts et contraintes des SCV - Initiatives personnelles et isolées de semis-direct dans la région de Koutiala
Tournée de terrain en phase d'implantation des cultures	Sur les 3 sites Juillet 2005	<ul style="list-style-type: none"> - Programmes herbicides spécifiques pour les SCV - Bilan à la levée
Tournée sur expérimentation en station	Farako et Finkolo (Sikasso) Septembre 2005	<ul style="list-style-type: none"> - Effets des pratiques SCV selon différents niveaux de fertilité - Sélection participative d'espèces
Visite Premier Ministre	Dafara (Ouéléssébougou) Octobre 2005	<ul style="list-style-type: none"> - Exposé expérimentation SCV chez Oudiouma Traoré - Retransmission visite au journal télévisé
Tournée de terrain en période de récolte	Sur les 3 sites Octobre-Novembre 2005	<ul style="list-style-type: none"> - Bilan au champ de la campagne - Choix des agriculteurs pour 2006 - Présentation du semoir-épandeur Fitarelli

10.2. Communications internes et externes

Nous avons synthétisé dans le Tableau 66 les principales communications internes et externes du Projet SCV qui ont donné lieu à la constitution d'un document ou d'une présentation.

Tableau 66. Communications faites par le Projet SCV en 2005.

Objet	Lieu / Date	Objectifs
Réunion annuelle CMDT/OHVN/IER	IER N'Tarla Mars 2005	- Présentation « Powerpoint » objectifs et démarche du projet SCV
Note pour le Projet PASE Caractérisation	Bamako Juin 2005	- Note écrite de réflexion sur les objectifs du Projet SCV en relation avec les stratégies paysannes
Atelier final PTA1 sur réseau « Agroécologie »	Tours (France) Août 2005	- Présentation « Powerpoint » objectifs et démarche du projet SCV
Congrès International sur l'Agriculture de Conservation	Nairobi Octobre 2005	- Poster anglais/français de 2 pages sur objectifs et démarche du Projet SCV
Réunion PCP « Gesed »	Bamako Décembre 2005	- Présentation de 2 « Powerpoint » sur les objectifs et premiers résultats

11. BIBLIOGRAPHIE

- Amede, T., 2003. Pathways for fitting legumes into East African Highland farming systems: A dual approach. (Grain Legumes and Green Manures for Soil Fertility in Southern Africa: Taking Stock of Progress. Edited by: Stephen R. Waddington).
- Ashburner J., 2004. Back to office report duty travel to Burkina-Faso 17 to 27 june 2004. Rapport FAO, Rome, 20 p.
- Autfray P., 1997. Fixation de l'agriculture à base de vivriers en zone forestière de Côte d'Ivoire. IDESSA/SODEFOR/CIRAD, 67 p + annexes.
- Autfray P., 2004. Rapport final pour le PASE effectuée au sud Mali « Actions de recherche-développement », 32 p. + annexes.
- Balarabé O., Naudin K., Dourwé G., Aboukary, 2006. Projet Environnement Eau-Sol-Arbre. Publication en cours.
- Beauval V., Léval D., 2003. Bilan à mi-parcours du programme transversal d'agro-écologie. Rapport définitif concernant le Cameroun. Rapport AFD, Paris, 37 p. + annexes.
- Berger M., 1996. Fumure organique: des techniques améliorées pour une agriculture durable. Agriculture et Développement, 10, CIRAD Montpellier, 37-46.
- Bozza J, 2004. Rapport de mission au Burkina-Faso du 20 au 26 juin 2004 sur les matériels de semis-direct, Rapport CIRAD, Montpellier, 17 p.
- Breman H., Sissoko K., 1998. L'intensification Agricole au Sahel. L'Harmattan, Paris, 460 p.
- Charpentier H et al., 1999. Fixation de l'agriculture au nord et au centre de la Côte d'Ivoire. Agriculture et Développement, 21, CIRAD Montpellier, 4-70.
- Crétenet M., 1994. Fertilité et fertilisation dans la région sud du Mali: du diagnostic au pronostic. Agriculture et Développement, 3 CIRAD, Montpellier, 4-12.
- Chopart, J.L. and Kone, D., 1985. Influence de différentes techniques de travail du sol sur l'alimentation hydrique du maïs et du cotonnier en Côte d'Ivoire. Agronomie Tropicale, 40(3): 223-229.
- Debaeke, P. and Aboudrare, A., 2004. Adaptation of crop management to water-limited environments. European Journal of Agronomy, 21(4): 433-446.
- Deveze J.C., D.H.Des Fontaines, 2005. Le devenir des agricultures familiales des zones cotonnières africaines : une mutation à conduire avec tous les acteurs. AFD EVA/STR, Paris, 85 p.
- Deveze J.C., D.H.Des Fontaines, 2005. Le devenir des agricultures cotonnières : cas du Mali. AFD, Paris.
- Djouara H., Belières J.F., Kébé D., 2005. Les exploitations agricoles familiales de la zone cotonnière du Mali face à la baisse des prix du coton graine. Publication en cours.

Doucouré, C.O. and Healy, S., 1999. Evolution des systèmes de production de 1994/95 à 1997/98, impact sur les revenus des paysans, CMDT, DPGC, Service Suivi Evaluation, Bamako, Mali.

Dugué P., 1998. Les transferts de fertilité dus à l'élevage en zone de savane. Agriculture et Développement, 18, CIRAD Montpellier 99-107.

Dugué P., 1999. Utilisation de la biomasse végétale et de la fumure minérale : impacts sur l'évolution de la fertilité des terres en zone de savanes. Rapport final de l'ATP « Flux de biomasse et gestion de la fertilité à l'échelle du terroir ». CIRAD, Montpellier, 175 p + annexes.

Dufumier M., 2005. Etude des systèmes agraires et typologie des systèmes de production agricole dans la région cotonnière du Mali. PASE Projet Caractérisation des Systèmes Agraires, Bamako, 83 p.

Fabrizzi, K.P.G., F.O; Costa, J.L; Picone, L.I., 2005. Soil water dynamics, physical properties and corn and wheat responses to minimum and no-tillage systems in the southern Pampas of Argentina. Soil & tillage research, 81: 57-69.

Gigou J. et al ., 2002. Le passage de la culture itinérante à la culture permanente révélé par l'âge des champs au mali sud. Article CIRAD Montpellier 17 p.

Hien, V. and Sedogo, M.P., 1993. Etude des effets des jachères de courte durée sur la production et l'évolution du sol dans différents systèmes de culture du Burkina Faso. La jachère en Afrique de l'Ouest (Dans C; Floret et G., Sepentié (Ed). Collection Colloques et Séminaires. ORSTOM, Paris): 221-232.

Hoefsloot H., Van Der Pol F., Roeleveld L., 1993. Jachères améliorées: options pour le développement des systèmes de production en Afrique de l'Ouest. KIT, Pays-Bas, Développement Agricole Bulletin 333, 86 p.

IER, 1988. Rapport Agronomie Programme Coton, Commission Technique Spécialisée des Cultures Industrielles.

Kanté S., 2001. Gestion de la fertilité des sols par classe d'exploitation au Mali-sud. Tropical Ressource Management Papers, Wageningen, Pays-Bas, 236 p.

Kébé, D., 1992. Modélisation de l'impact technico-économique de l'introduction de Stylosanthes hamata dans les systèmes agraires villageois au Sud-Mali. Styloanthos as a forage and fallow crop. (Proceedings of the regional workshop on the use of Stylosanthes in West Africa held in Kaduna, Nigéria October 1992).

Klein D., 1991. Introduction des légumineuses dans la rotation céréale-cotonnier au nord-Cameroun . Rapport CIRAD Maisons-Alfort 184 p.

Naudin K., Balarabe O., 2003. Système de culture sur couverture végétale: résultats campagne 2003 Rapport SODECOTON/CIRAD Garoua, 70 p.

Naudin K., Balarabe O., 2004. Système de culture sur couverture végétale: résultats campagne 2003 Rapport SODECOTON/CIRAD Garoua, 80 p.

Naudin K., 2005. Mission d'appui au Projet PASE SCV au Mali. Rapport de Mission CIRAD, 30 p + annexes.

Niangado O., 1989. Production et amélioration variétale du mil au Mali. Plantes vivrières tropicales, Aupelf-Uref, Paris, 69-82.

Paltineanu, I.C. and Starr, J.L., 1997. Real-time Soil Water Dynamics Using Multisensor Capacitance Probes: Laboratory Calibration. Soil Science Society of America Journal, 61(November-December): 1576-1585.

Piéri, C., 1989. Fertilité des terres de savanes. Bilan de trente ans de recherche et de développement agricoles au sud du Sahara. Ministère de la Coopération et CIRAD-IRAT, Paris, 443 pp.

Pirot R., 2002. Les matériels de semis-direct chez les petits agriculteurs dans le sud du Brésil. Rapport CIRAD Montpellier 7 p.

Raunet M. 2003. Le semis-direct en petite agriculture familiale: voyage d'étude au sud Parana (Brésil) Rapport CIRAD Montpellier 22 p.

Roose, E., 1984. Gestion conservatoire de l'eau et des sols. Rapport de mission auprès de la DRSPR dan la région Sud Mali, CMDT.

Roose, E., 2004. Méthodes de mesure des états de surface du sol, de la rugosité et des autres caractéristiques qui peuvent aider au diagnostic de terrain des risques de ruissellement et d'érosion, en particulier sur les versants cultivés des montagnes. Bulletin du réseau érosion, 28(N°2): 87-97.

Sakala, W. and Mhango, W., 2003. Green manure and food legumes research to increase soil fertility and maize yields in Malawi: A review. Cimmyt(Grain Legumes and Green Manures for Soil Fertility in Southern Africa:Taking Stock of Progress): 95-101.

Scopel E. et al., 1999. Le semis direct avec paillis de résidus dans l'ouest mexicain: une histoire d'eau ? Agriculture et Développement, 21, CIRAD Montpellier,71-85.

Séguy L. et al., 1999. La maîtrise de *Cyperus rotundus* par le semis direct en culture cotonnière au Brésil. Agriculture et Développement, 21, CIRAD Montpellier 87-97.

Séguy L., 2003. Rapport de mission au nord Cameroun du 25/9 au 2/10/03. CIRAD Montpellier, 11 p. + annexes

Servat, E., Paturel, J.E., Lubes-Niel, H., Kouame, B. and Masson, J.M., 1997. Variabilité des régimes pluviométriques en Afrique de l'Ouest et centrale non sahélienne. C.R. Acad. Sci. Paris, 324(Série II a): 835-838.

Steiner K.G., 1985. Cultures associées dans les petites exploitations agricoles tropicales en particulier en Afrique de l'Ouest. GTZ, Eschborn, 347 p.

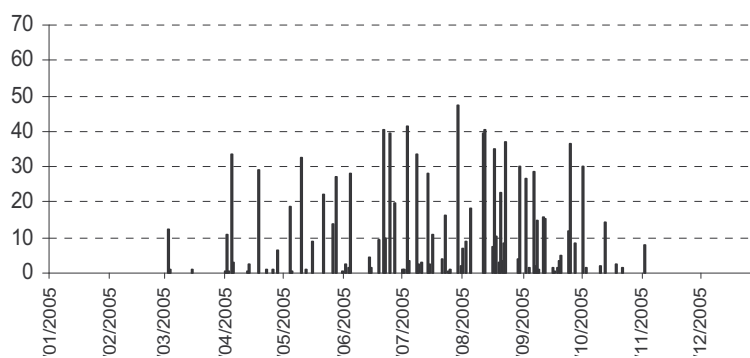
Turini T., 2005. Adaptation en milieu paysan d'un prototype d'itinéraire technique : cas de la culture cotonnière en condition de forte contrainte hydrique. Mémoire DAA, ENSAM, CIRAD, IER, INRA, 86 p.

Vanlauwe, B. et al., 2003. Enhancing the contribution of legumes and biological nitrogen fixation in cropping systems: experiences from West Africa. (Grain Legumes and Green Manures for Soil Fertility in Southern Africa: Taking Stock of Progress. Edited by: Stephen R. Waddington): 3-13.

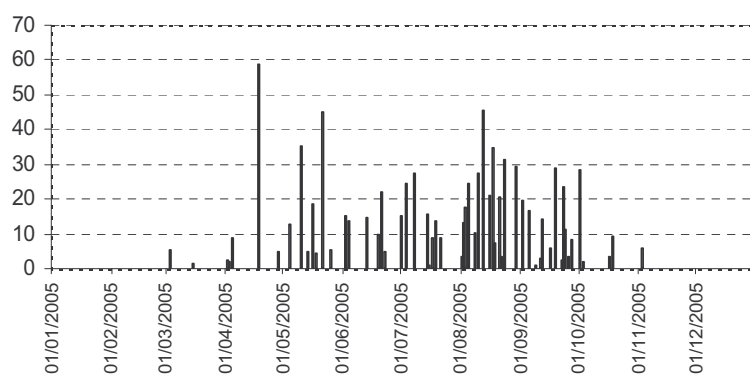
12. ANNEXES

12.1. Pluviométrie

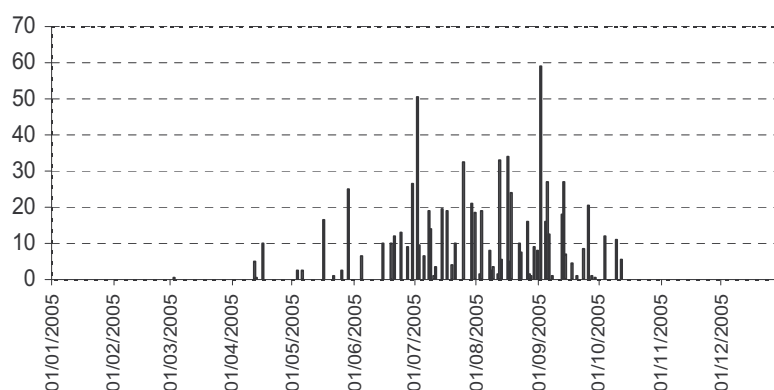
Farako IER 1093 mm



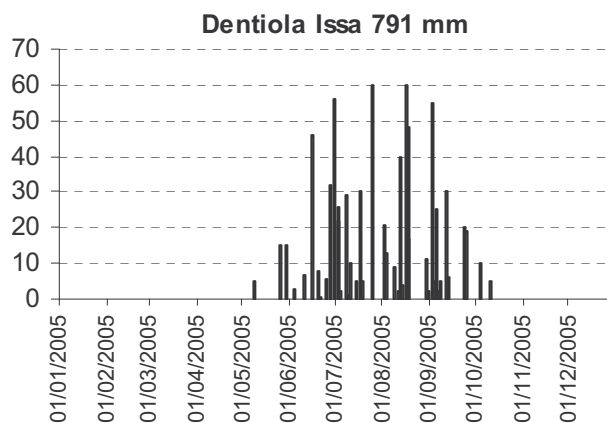
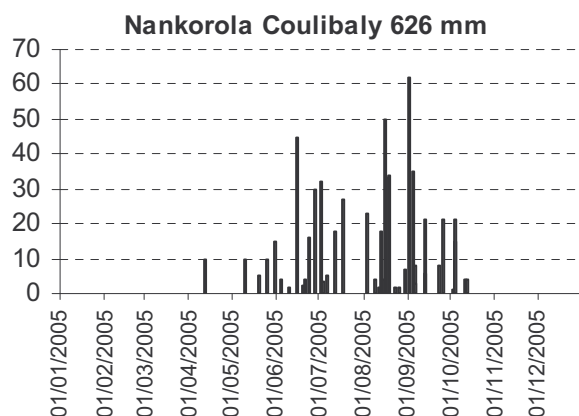
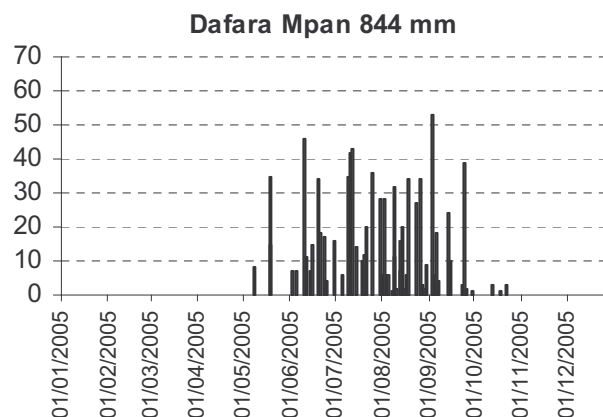
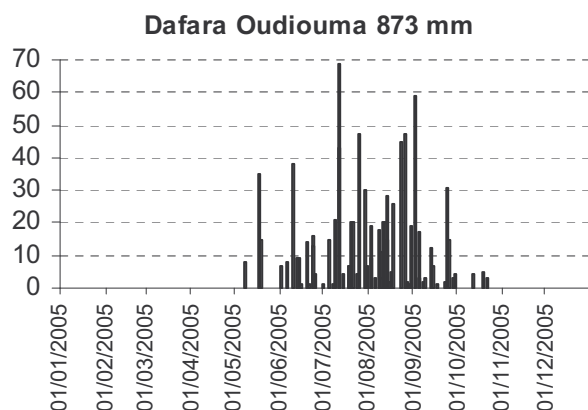
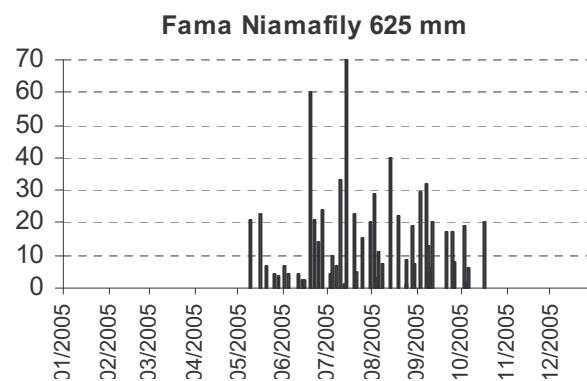
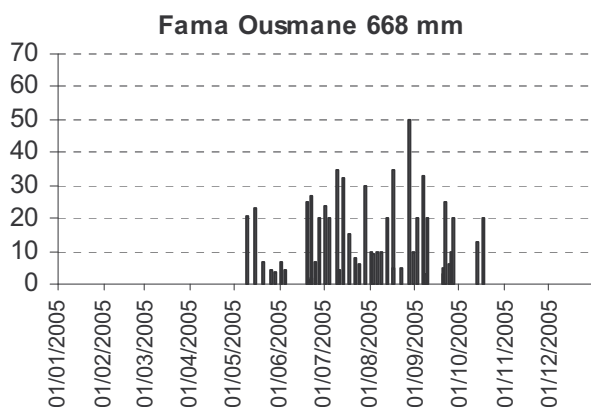
Finkolo IER 881 mm



Ntaria IER 804 mm



Pluviométrie journalière 2005 en mm sur 3 stations de l'IER.



Pluviométrie journalière 2005 en mm sur les 6 parcelles d'expérimentation en milieu réel contrôlé (les pluviométries étant mises en place tardivement certaines pluies de début de cycle ne sont peut-être pas relevées).

12.2. Les agriculteurs collaborateurs : caractérisation

Village	Agriculteur		Type collaboration	Responsable UP		Type CMDT	Attelage	Superficie	Personnes	Bovins	Attelage/ha	Actifs/ha	UBT/ha cult	%Coton	%Mais
Fama	Mamourou	Sanogo	Test	Mamourou	Sanogo	A	3	18	27	17	0.17	1.1	0.76	61%	28%
Fama	Kary	Dembélé	Test	Kary	Dembélé	B	2	6	7	7	0.33	1.0	0.93	83%	17%
Fama	Solomane	Dembélé	Test	Solomane	Dembélé	B	1	9.7	14	5	0.10	0.9	0.41	31%	26%
Fama	Aboudou	Dembélé	Test	Aboudou	Dembélé	A	3	10	18	15	0.30	1.4	1.20	50%	40%
Fama	Totigui	Dembélé	Test	Totigui	Dembélé	C	1	6	13	2	0.17	1.3	0.27	25%	33%
Fama	Toroba	Dembélé	Expérimentation	Toroba	Dembélé	B	2	13.5	17	10	0.15	0.8	0.59	52%	30%
Fama	Soya	Sanogo	Expérimentation	Soya	Sanogo	A	4	18	27	44	0.22	0.8	1.96	50%	28%
Fama	Nota	Diarra	Expérimentation	Nota	Diarra	A	5	24	49	70	0.21	1.8	2.33	67%	19%
Fama	Tibogo	Dembélé	Expérimentation	Tibogo	Dembélé	A	5	27.5	46	42	0.18	1.2	1.22	62%	22%
Fama	Issa	Sanogo	Test	Abou	Sanogo	A	4	8	7	40	0.50	0.6	4.00	63%	13%
Fama	Salia	Berthé	Test	Salia	Berthé	B	2	13	11	11	0.15	0.8	0.68	62%	23%
Fama	Ngolo	Dembélé	Expérimentation	Ngolo	Dembélé	B	6	10	20	20	0.60	1.5	1.60	40%	30%
Fama	Fatogoma	Dembélé	Expérimentation	Fatogoma	Dembélé	A	12	70	70	120	0.17	0.6	1.37	43%	21%
Fama	Kolotan	Bengaly	Expérimentation	Kolotan	Bengaly	A	3	9	20	11	0.33	1.7	0.98	56%	33%
Dafara	Lamine Sassi	Traoré	Test	Lamine Sassi	Traoré	B	2	10	36	4	0.20	2.0	0.32	30%	3%
Dafara	Iriba	Samaké	Expérimentation	Keriba	Samaké	B	1	12	18	2	0.08	1.1	0.13	17%	2%
Dafara	Toroba	Traoré	Test	Toroba	Traoré	A	3	15	44	18	0.20	1.8	0.96	30%	7%
Dafara	Bemba	Samaké	Test	Bemba	Samaké	A	3	12	33	45	0.25	2.0	3.00	42%	4%
Dafara	Madou	Samaké	Test	Madou	Samaké	B	1	11	19	6	0.09	1.1	0.44	45%	0%
Diefing	Nto	Coulibaly	Expérimentation	Nto	Coulibaly	A	3	12	38	41	0.25	1.8	2.73	29%	0%
Marako	Madou	Coulibaly	Expérimentation	Drissa	Coulibaly	C	1	7.5	21	10	0.13	1.9	1.07	20%	3%
Kodiatlan	Komba	Samaké	Expérimentation	Komba	Samaké	A	3	9	23	15	0.33	1.8	1.33	22%	14%
Dafara	Oudiouma	Traoré	Expérimentation	Oudiouma	Traoré	A	7	15	29	120	0.47	1.3	6.40	40%	13%
Dafara	Yacouba Meri	Traoré	Test	Yacouba Meri	Traoré	B	1	15.5	45	5	0.06	1.5	0.26	26%	0%
Dafara	Soungalo	Traoré	Test	Soungalo	Traoré	A	2	12	36	21	0.17	1.9	1.40	58%	8%
Dafara	Mpan	Samaké	Expérimentation	Mpan	Samaké	B	2	9	17	40	0.22	1.2	3.56	33%	0%
Korona	Daouda	Diarra	Expérimentation	Daouda	Diarra	A	3	12	44	125	0.25	1.7	8.33	67%	8%
Nankorola	Adama	Coulibaly	Expérimentation	Tahirou	Coulibaly	B	2	9.2	17	11	0.22	1.0	0.95	22%	8%
Nankorola	Sékou	Diakité	Enquête	Ousmane	Diakité	A	2	16	14	30	0.13	0.5	1.50	13%	16%
Nankorola	Hassim	Coulibaly	Expérimentation	Hassim	Coulibaly	B	2	11	18	3	0.18	0.9	0.22	27%	136%
Nankorola	Chaka	Mallé	Enquête	Chaka	Mallé	B	1	11.2	14	2	0.09	0.7	0.14	18%	9%
Nankorola	Madou Kafa	Coulibaly	Expérimentation	Malik	Coulibaly	A	5	16	26	59	0.31	0.9	2.95	41%	25%
Nankorola	Salia	Coulibaly	Test	Salia	Coulibaly	B	1	8	10	0	0.13	0.9	0.00	25%	13%
Nankorola	Tidjiani	Mallé	Enquête	Tidjiani	Mallé	B	2	11.7	12	1	0.17	0.7	0.07	34%	17%
Nankorola	Madou	Fomba	Test	Madou	Fomba	A	3	9.7	21	10	0.31	1.1	0.82	21%	21%
Nankorola	Bourama Soungalo	Coulibaly	Enquête	Madou	Coulibaly	B	1	7.2	16	1	0.14	1.1	0.11	28%	14%
Dentila	Youssof	Mallé	Test	Youssof	Mallé	C	1	6	3	7	0.17	0.3	0.93	33%	8%
Dentila	Madou Lassina	Mallé	Expérimentation	Madou Lassina	Mallé	B	2	13.5	17	2	0.15	0.7	0.12	37%	7%
Nankorola	Bakary Gnajé	Coulibaly	Enquête	Djibril	Coulibaly	A	2	14	23	0	0.14	0.8	0.00	21%	14%
Nankorola	Lassina	Mallé	Enquête	Lassina	Mallé	B	1	10.5	16	10	0.10	0.8	0.76	24%	10%
Dentila	Adama	Mallé	Expérimentation	Drissa	Mallé	A	3	17	25	1	0.18	0.8	0.05	32%	12%
Dentila	Issa Botié	Mallé	Expérimentation	Modibo	Mallé	B	2	12	15	4	0.17	0.4	0.27	58%	17%
Nankorola	Bakary Djan	Coulibaly	Test	Bakary Djan	Coulibaly	A	3	12.5	19	7	0.24	0.7	0.45	40%	16%
Dentila	Madou	Mallé	Enquête	Madou	Mallé	A	4	26	30	15	0.15	0.5	0.46	31%	12%
Dentila	Sidi	Mallé	Enquête	Sékou Kariba	Mallé	A	6	33.5	65	47	0.18	0.9	1.12	27%	12%
Dentila	Solo Koko	Coulibaly	Enquête	Amadou	Coulibaly	A	7	33	44	90	0.21	0.7	2.18	33%	21%
Dentila	Abdoulaye	Konaté	Test	Sidiki	Konaté	A	3	13	20	3	0.23	0.8	0.18	38%	12%
Dentila	Sékou	Mallé	Enquête	Sékou	Mallé	B	3	14.5	21	5	0.21	0.6	0.28	28%	14%
Dentila	Dramane	Mallé	Enquête	Issa	Mallé	A	2	15.5	16	2	0.13	0.6	0.10	39%	19%
Dentila	Issa	Coulibaly	Test	Issa	Coulibaly	B	2	12.2	17	26	0.16	0.6	1.70	32%	8%

12.3. Contrat type IER / agriculteur

CONTRAT MORAL DE COLLABORATION « IER / PRODUCTEUR DE COTON » DANS LE CADRE DU PROJET IER PASE SCV

EXPERIMENTATION PARTICIPATIVE et TESTS SUR LA CREATION DE SYSTEMES DE CULTURE A BASE DE COTON SANS LABOUR

1. COLLABORATION DE LA CRA

Le choix des agriculteurs partenaires du Projet PASE SCV se fera en étroite collaboration avec des représentants des Chambres d'Agriculture et du Cadre de Concertation Inter-Professionnel et des responsables locaux

2. RESPONSABILITES DE L'IER

L'IER s'engage à apporter aux « agriculteurs-expérimentateurs » les intrants (engrais, pesticides) sauf les herbicides et la protection de semences pour les témoins. Ils seront destinés à la seule parcelle expérimentale. Les agriculteurs pourraient être indemnisés sur la base de prix à la récolte dans la région en cas de moindres rendements significatifs, entre des parcelles SCV comparées à celles du témoin si il est constaté que l'innovation introduite par l'IER est responsable de cette situation (déduction faite des intrants apportés).

Aux « agriculteurs-tests » ne seront fournis que les herbicides et prêtés les semoirs de semis-direct.

Pour l'ensemble des « agriculteurs-collaborateurs » l'IER mettre à disposition des semoirs de semis-direct qui seront localisés au niveau des OP des producteurs.

3. LE CHOIX DES PARCELLES

Le choix des parcelles reviendra surtout à l'IER de manière à qu'elle soit :

- représentative du milieu ;
- facile d'accès ;
- peu hétérogène.

4. IL S'AGIT D'UNE DEMARCHE PARTICIPATIVE

Les choix techniques sont discutés entre les paysans et l'IER: date de semis, outils, céréale, cultures associées, divagation des animaux. Ainsi en cas d'échec à la levée lié à la pluviométrie, l'IER n'est pas responsable des manques à la levée, voir d'éventuels re-semis à effectuer.

Responsabilités de l'agriculteur

Les agriculteurs s'engagent à :

- réserver la parcelle choisie avec l'IER pour les 3 années d'expérimentation du projet ;
- respecter les itinéraires techniques fixés ensemble ;
- respecter des zones de prélèvements de plantes et sol réservées aux mesures de rendement.

12.4. Liste des intrants et coût

Nature	Nature	Description	Origine	Prix unitaire
semences	coton	non délintées – délintées ¹	Fourni par IER	gratuit
	maïs	composite blanc	production semences encadrée	100 FCFA /kg
	sorgho	variété locale	production semences de l'agriculteur	150 FCFA /kg
	brachiaria ruzisiensis	espèce introduite	fourni par IER	2000 FCFA/kg
traitement semences	mucuna	graines noires	fourni par IER	400 FCFA/kg
	caïman rouge	thiram+endosulfan (sachet 20g)	La Cigogne Bamako	250 FCFA/kg
	complexe coton	14 18 18	Marchand Privé Sikasso	12000 FCFA/50 kg
engrais	complexe céréales	17 17 17	Marchand Privé Sikasso	12000 FCFA/50 kg
	DAP	18N 46P	Marchand Privé Sikasso	12000 FCFA/50 kg
	urée	46N	Marchand Privé Sikasso	12000 FCFA/50 kg
	round-up	glyphosate 360 gr (1 litre)	La Cigogne Bamako	3900 FCFA/l
herbicides	agrazine 500	atrazine 500 gr (1 litre)	La Cigogne Bamako	3900 FCFA/l
	action 80 DF	diuron 200 gr (sachet 250 g)	La Cigogne Bamako	2100 FCFA/sachet
insecticide	thiofanex 500	endosulfan (500 g/l)	Marchand Privé Bamako	3000 FCFA/litre
	cyperfos 336	cyperméthrine (36 g/l) + methamidophos (300 g/l)	Marchand Privé Bamako	3000 FCFA/litre
	¹ : délintage : acide sulfurique concentré à raison de 5 kg de semences pour 2 litres d'acide mélangés sans tant d'arrêt pendant 10 minutes puis rincées immédiatement.			

PHOTOGRAPHIES

13.1 Gestion des résidus par les agriculteurs



Brûlis de tiges de sorgho
mises en tas à Dafara



Stocks de tiges de résidus de coton et
céréales pour parc de bovins
Région de Sikasso



Ramassage tiges de céréales à Dentiola



Séchage des tiges de maïs et des épis au
champ en fin de saison des pluies à Fama



Reliquat en fin de saison sèche de
résidus de sorgho à Fama



Stockage de pailles de riz et fanes
d'arachide comme fourrages à Dentiola



Tiges de maïs pâturées par les bovins
en début de saison sèche à Fama



Mise en tas des tiges de cotonniers en
début de saison sèche à Dafara

13.2 Modes de gestion du sol et des cultures des agriculteurs



Stock de charrues chez un forgeron à Fama



Epannage superficiel de fumier et scarifiage du sol à Dentiola



Scarifiage et sarclage sur maïs en traction animale à Nankorola



Scarifiage localisé dans interbillons pour un semis de maïs à Fama



Echec de levée sur maïs après semis dans interbillons à Fama



Chemin d'eau dans une parcelle Région de Sikasso



Parcelle de maïs envahie par *Rottboellia exaltata* à Fama



Stagnation d'eau en système conventionnel sur sorgho après forte pluie à Dafara

13.3 Les SCV : premier résultats



13.4 Semoirs de semis-direct



Semis-direct de mil sur anciens billons avec semoir local à Fama



Démonstration avec un prototype de semoir de semis-direct en traction animale de l'AFDI à Mandela Région de Sikasso



Premier test du semoir-épandeur Fitarelli à Farako



Levée de maïs après semis au semoir-épandeur Fitarelli à Farako



Localisation de l'engrais au niveau des lignes de semis au semoir-épandeur Fitarelli à Farako



Reproduction partielle du semoir-épandeur Fitarelli par un atelier à Sikasso



Test canne planteuse à Farako



Roue semeuse